

The diagram illustrates a control system for a machine tool, divided into mechanical and electrical sections. The mechanical part on the left includes a motor (2) connected to a drive shaft (21) with a gear (23) and a timing belt (3). A sensor (4) is positioned near the belt. The electrical control unit (1) contains a power supply (TH, PM), a relay (7), a solenoid (8), a pressure switch (11), a pressure sensor (12), and a pressure transducer (13). It also features a control panel (6) with a display (9) and a control knob (10). The system is connected to a computer (31) via an input port (36) and an output port (37). The computer includes a CPU (32), ROM (33), RAM (34), and a hard disk (35). A data bus (38) connects the computer to the control unit.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 22 341 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**F02 D 41/14**  
F 01 N 9/00  
F 01 N 3/18

⑳ Aktenzeichen: P 43 22 341.9  
㉔ Anmeldetag: 5. 7. 93  
㉕ Offenlegungstag: 5. 1. 94

DE 43 22 341 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
03.07.92 JP P 4-177229

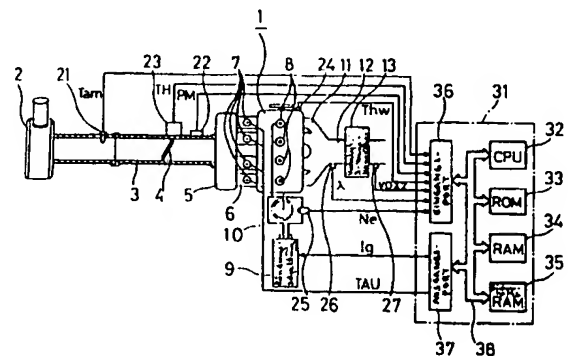
㉑ Anmelder:  
Nippondenso Co., Ltd., Kariya, Aichi, JP

㉒ Vertreter:  
Kuhnen, R., Dipl.-Ing.; Wacker, P., Dipl.-Ing.  
Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Fürniß, P., Dipl.-Chem.  
Dr.rer.nat.; Brandl, F., Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte;  
Hübner, H., Dipl.-Ing., Rechtsanw., 85354 Freising

㉓ Erfinder:  
Yamashita, Yukihiro, Kariya, Aichi, JP; Ikuta, Kenji,  
Rolling Hills Estates, Calif., US; Isomura, Shigenori,  
Kariya, Aichi, JP

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum Erfassen des von einem katalytischen Konverter absorbierten Betrages der Sättigung eines Gases

⑤7 In einer Vorrichtung zum Erfassen eines Betrages der Sättigung eines Gases, welches von einem katalytischen Konverter erfaßt wird, welcher in einem Abgassystem eines Motors angeordnet ist, ist eine Erfassungsvorrichtung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses in einem Gebiet des Motorabgassystems stromabwärts des katalytischen Konverters zum Überwachen des Abgases abgeordnet, welches den katalytischen Konverter passiert hat, um ein Luft-zu-Treibstoff-Verhältnis eines Luft-Treibstoff-Gemischs zu erfassen, welches das Abgas hervorruft. Eine Veränderungsvorrichtung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses dient der Veränderung eines Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses eines Luft-Treibstoff-Gemischs, welches dem Motor durch eine Korrekturgröße in einer gegebenen Richtung zugeführt wird, und dient dazu, die Veränderung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses während einer Korrekturzeit beizubehalten. Eine Veränderungserhöhungsvorrichtung dient dazu, die Korrekturgröße und/oder die Korrekturzeit durch die Veränderungsvorrichtung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses zu erhöhen, um ein Veränderungsverfahren des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses wiederum in Fällen auszuführen, bei welchen das Luft-zu-Treibstoff-Verhältnis, welches von der Erfassungsvorrichtung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses erfaßt worden ist, sogar dann sich nicht ändert, wenn die Veränderungsvorrichtung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses die Veränderung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses ausführt. Eine ...



DE 43 22 341 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Erfassen des Betrages der Sättigung eines Gases, welches von einem katalytischen Konverter so wie einem katalytischen Konverter für Kraftfahrzeuge (automotive catalytic converter) absorbiert worden ist, welcher in einem Motorabgassystem angeordnet ist. Die Erfindung bezieht sich ebenso auf ein Verfahren zum Erfassen des Betrages der Sättigung eines Gases, welches von einem katalytischen Konverter absorbiert worden ist.

Es ist bekannt, schädliche Komponenten des Abgases eines Verbrennungsmotors so wie Kohlenwasserstoffe (KW),  $\text{NO}_x$  und CO in nicht toxische Gase mittels eines katalytischen Converters umzuwandeln, welcher in dem Motorabgassystem angeordnet ist. Im allgemeinen neigt die Charakteristik eines solchen katalytischen Converters für Kraftfahrzeuge dazu, im Laufe der Zeit sich zu verschlechtern.

Die veröffentlichte, nicht geprüfte japanische Patentanmeldung 61-286550, welche dem US-Patent 4,739,614 entspricht, weist auf eine Vorrichtung zum Erkennen einer nicht akzeptablen Verschlechterung eines katalytischen Converters für Kraftfahrzeuge hin. In der japanischen Anmeldung 61-286550 wird der Tatsache Aufmerksamkeit gewidmet, daß eine Änderung der Sauerstoffkonzentration des Auspuffgases an der stromabwärts befindlichen Seite eines katalytischen Converters deutlich eine Änderung der Sauerstoffkonzentration des Auspuffgases an der stromaufwärts befindlichen Seite davon reflektiert, wenn sich die Charakteristik des katalytischen Converters verschlechtert. Die Vorrichtung der japanischen Anmeldung 61-286550 beinhaltet einen  $\text{O}_2$ -Sensor (Sauerstoffsensor oder -fühler), welcher an einer stromabwärts befindlichen Stelle von dem katalytischen Konverter angeordnet ist. Die Erfassung ist unter bestimmten Bedingungen gegeben, bei welchen die Ausgangsspannung des  $\text{O}_2$ -Sensors sich über eine Referenzspannung ändert und die Periode dieser Änderung kürzer als eine Referenzperiode ist. Wenn die Anzahl von Malen des Vorkommens solcher Bedingungen eine Referenzzahl erreicht, wird in der Vorrichtung der japanischen Anmeldung 61-286550 der katalytische Konverter als unakzeptabel verschlechtert bestimmt.

Die veröffentlichte, nicht geprüfte japanische Patentanmeldung 3-253714, welche dem US-Patent 5,154,055 entspricht, offenbart eine Vorrichtung zum Erfassen eines Reinigungsfaktors eines katalytischen Converters für Kraftfahrzeuge. Die Vorrichtung der japanischen Anmeldung 3-253714 beinhaltet erste und zweite Sensoren für das Luft-zu-Treibstoff-Verhältnis ( $\text{O}_2$ -Sensoren), welche an stromaufwärts bzw. stromabwärts befindlichen Stellen von dem katalytischen Konverter angeordnet sind. Die Erfassung ist durch Verzögerungszeiten des Ansprechens der  $\text{O}_2$ -Sensoren auf eine fett-zu-mager-Veränderung eines Luft-Treibstoff-Gemischs gegeben. In der Vorrichtung der japanischen Anmeldung 3-253714 wird der Reinigungsfaktor des katalytischen Converters aus der Differenz zwischen den erfaßten Ansprechverzögerungszeiten geschätzt. Die Unterschiede zwischen den erfaßten Ansprechverzögerungszeiten werden unter zwei unterschiedlichen Motorarbeitsbedingungen erfaßt, um die innewohnenden Ansprechverzögerungszeiten der  $\text{O}_2$ -Sensoren zu berechnen. Die innewohnenden Ansprechverzögerungszeiten werden bei der Schätzung des Reinigungsfaktors annulliert, um die Genauigkeit des geschätzten Reinigungsfaktors zu erhöhen.

Die britische Patentanmeldung GB 2,242,544A offenbart, daß katalytische Drei-Wege-Konverter für Kraftfahrzeuge eine Gasspeicherkapazität besitzen (insbesondere eine Sauerstoffspeicherkapazität). Der Grad der Umwandlung durch den katalytischen Konverter hängt von der Sauerstoffkomponente in dem Abgas ab, welche von dem gespeicherten Sauerstoff beeinflusst wird, der durch den katalytischen Konverter freigesetzt wird. So wird in der britischen Patentanmeldung GB 2,242,544A der Grad der Umwandlung durch den katalytischen Konverter durch gezielte Anreicherung oder Schwächung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses optimiert.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine verläßliche Vorrichtung zum Erfassen eines Betrags der Sättigung eines Gases vorzusehen, welches von einem katalytischen Konverter absorbiert worden ist.

Eine andere Aufgabe der Erfindung ist es, ein zuverlässiges Verfahren zum Erfassen eines Betrags der Sättigung eines Gases vorzusehen, welches von einem katalytischen Konverter absorbiert worden ist.

Ein erster Aspekt der Erfindung sieht eine Vorrichtung zum Erfassen eines Betrags der Sättigung eines Gases vor, welches von einem katalytischen Konverter absorbiert worden ist, welcher in einem Auspuffsystem eines Motors angeordnet ist, welcher eine Einrichtung zum Erfassen eines Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses aufweist, welches in einem Gebiet des Motorabgassystems stromab des katalytischen Converters zum Überwachen des Abgases angeordnet ist, welches den katalytischen Konverter passiert hat, um ein Luft-zu-Treibstoff-Verhältnis eines Luft-Treibstoff-Gemischs zu erfassen, welches das Abgas verursacht, eine Einrichtung zum Verändern des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses zum Verändern eines Luft-Treibstoff-Verhältnisses eines Luft-Treibstoff-Gemischs, welches dem Motor durch eine Korrekturgröße in einer gegebenen Richtung zugeführt wird, und zum Beibehalten der Veränderung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses während einer Korrekturzeit, eine Einrichtung zum Erhöhen der Veränderung zum Erhöhen der Korrekturgröße und/oder der Korrekturzeit durch die Einrichtung zum Verändern des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses, um ein Veränderungsverfahren des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses wiederum in Fällen auszuführen, bei welchen das Luft-zu-Treibstoff-Verhältnis, welches von der Einrichtung zum Erfassen des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses erfaßt worden ist, sich sogar dann nicht ändert, wenn die Einrichtung zum Verändern des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses die Veränderung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses ausführt, und eine Einrichtung zum Berechnen eines Betrags der Sättigung eines Gases zum Berechnen eines Betrags der Sättigung eines Gases, welches von dem katalytischen Konverter auf der Basis der Korrekturgröße und der Korrekturzeit in Fällen absorbiert wird, bei welchen das Luft-zu-Treibstoff-Verhältnis, welches von der Einrichtung zum Erfassen des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses erfaßt wird, sich ändert, wenn die Einrichtung zum Verändern des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses die Veränderung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses ausführt.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung sieht eine Vorrichtung zum Erfassen eines Betrags der Sättigung eines Gases vor, welches von einem katalytischen Konverter absorbiert worden ist, welcher in einem Auspuffsystem

eines Motors angeordnet ist, welche eine Einrichtung zum Zuführen einer Luft-Treibstoff-Mischung zu dem Motor umfaßt, eine Einrichtung zum Verändern eines Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses der Luft-Treibstoffmischung von einem stöchiometrischen Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses, um den katalytischen Konverter zu sättigen, eine Einrichtung zum Erfassen, ob der katalytische Konverter durch das Verändern des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses durch die Veränderungseinrichtung gesättigt ist oder nicht, und eine Einrichtung zum Bestimmen eines Betrags der Sättigung eines Gases, welches von dem katalytischen Konverter in Übereinstimmung mit Bedingungen des Veränderns des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses durch die Veränderungseinrichtung absorbiert worden ist, wenn die Erfassungseinrichtung erfaßt, daß der katalytische Konverter gesättigt ist.

Ein dritter Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zum Erfassen eines Betrags der Sättigung eines Gases vor, welches von einem katalytischen Konverter absorbiert worden ist, welcher in einem Auspuffsystem eines Motors angeordnet ist, welches die Schritte des Zuführens eines Luft-Treibstoff-Gemisches dem Motor umfaßt, des Veränderns eines Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses des Luft-Treibstoff-Gemisches von einem stöchiometrischen Luft-zu-Treibstoff-Verhältnis, um den katalytischen Konverter zu sättigen, des Erfassens, ob der katalytische Konverter von dem Verändern des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses gesättigt ist oder nicht, und des Bestimmens eines Betrages der Sättigung eines Gases, welches von dem katalytischen Konverter in Übereinstimmung mit Bedingungen des Veränderns des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses absorbiert worden ist, wenn der katalytische Konverter als gesättigt erfaßt worden ist.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen:

**Fig. 1** zeigt ein Blockdiagramm eines Verbrennungsmotors und ein Steuerungssystem des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses (A/F-Verhältnisses), welches eine Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung inkorporiert.

**Fig. 2** zeigt ein Blockdiagramm des Steuersystems des A/F-Verhältnisses von **Fig. 1**.

**Fig. 3** zeigt ein Flußdiagramm eines Berechnungsprogramms einer Treibstoffeinspritzrate in einem Programm zum Betreiben einer Steuereinheit von **Fig. 1**.

**Fig. 4** zeigt ein Flußdiagramm eines Programms zur Spannungsmittelung in dem Programm zum Betreiben der Steuereinheit von **Fig. 1**.

**Fig. 5** zeigt ein Diagramm einer Zeitdomäne der Ausgangsspannung eines O<sub>2</sub>-Sensors von **Fig. 1**.

**Fig. 6 bis 8** zeigen ein Flußdiagramm eines Sättigungssprungsteuerprogramms in dem Programm zum Betreiben der Steuereinheit von **Fig. 1**.

**Fig. 9** zeigt ein Diagramm der Zeitdomäne der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors von **Fig. 1** und ein Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses.

**Fig. 10** zeigt ein Diagramm der Beziehung zwischen einem A/F-Verhältnis und einer Konzentration der spezifischen Komponente in einem Abgas.

**Fig. 11** zeigt ein Flußdiagramm eines Lernstartbeurteilungsprogramms in dem Programm zum Betreiben der Steuereinheit von **Fig. 1**.

**Fig. 12** zeigt ein Flußdiagramm eines Steuerprogramms der Änderung des A/F-Verhältnisses in dem Programm zum Betreiben der Steuereinheit von **Fig. 1**.

**Fig. 13** zeigt ein Flußdiagramm eines Sättigungsbeurteilungsprogramms in dem Programm zum Betreiben der Steuereinheit von **Fig. 1**.

**Fig. 14** zeigt ein Flußdiagramm eines Berechnungsprogramms des absorbierten Betrags der Sättigung in dem Programm zum Betreiben der Steuereinheit von **Fig. 1**.

**Fig. 15** zeigt ein Diagramm der Zeitdomäne der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors von **Fig. 1** und des Sollwerts  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses.

Hinblicklich **Fig. 1** weist ein Vergasermotor 1 vier Zylinder oder Verbrennungskammern auf. Frische Luft fließt durch einen Luftfilter 2, ein Luftansaugrohr 3, ein Drosselklappenventil 4, einen Druckausgleichsbehälter 5 und einen Einlaßverteiler 6 vor dem Ansaugen in die Zylinder des Motors 1. Treibstoffeinspritzventile 7, welche sich in die jeweiligen Zweige des Einlaßverteilers 6 erstrecken, dienen dem Einspritzen von Treibstoff dorthinein. Der eingespritzte Treibstoff vermischt sich mit der frischen Luft und bildet ein Luft-Treibstoff-Gemisch, welches den Motorzylindern zugeführt wird.

Die Motorzylinder sind jeweils mit Zündkerzen 8 versehen. Eine Zündungsschaltung 9 erzeugt Hochspannung, welche aufeinanderfolgend über einen Verteiler 10 an die Zündkerzen 8 verteilt wird. Die Zündung in den Zündkerzen 8 geschieht als Antwort auf die Hochspannung, das Zünden und das Verbrennen des Luft-Treibstoff-Gemischs in den Motorzylindern. Als Ergebnis des Verbrennens des Luft-Treibstoff-Gemischs tritt Abgas auf.

Das Abgas wird von den Motorzylindern in einen Auspuffkrümmer 11 ausgestoßen und fließt vor Erreichen einer Auspuffleitung 12 durch den Auspuffkrümmer 11. Ein katalytischer Drei-Wege-Konverter 13 ist in der Auspuffleitung 12 vorgesehen. Das Abgas tritt in den katalytischen Konverter 13 ein, während es entlang der Auspuffleitung 12 fließt. Die Vorrichtung 13 wandelt schädliche Komponenten des Abgases so wie KW, NO<sub>x</sub> und CO in nicht toxische Gase um. Nachdem das Abgas aus dem katalytischen Konverter 13 austritt, wird es in die Atmosphäre abgegeben.

Ein Temperatursensor 21, welcher in der Luftansaugleitung 3 vorgesehen ist, erfaßt die Temperatur von Luft in einem Gebiet stromaufwärts des Drosselklappenventils 4 und gibt ein Signal aus, welches die erfaßte Lufttemperatur T<sub>am</sub> repräsentiert. Ein Drucksensor 22, welcher in der Luftansaugleitung 3 vorgesehen ist, erfaßt den Luftdruck in einem Gebiet stromabwärts des Drosselklappenventils 4 und gibt ein Signal aus, welches den erfaßten Luftdruck P<sub>M</sub> repräsentiert (d. h. den Ansaugluftdruck). Ein Drosselklappensensor 23, welcher dem Drosselklappenventil 4 zugeordnet ist, erfaßt die Winkelposition des Drosselklappenventils 4, d. h. den Grad der

Öffnung des Drosselklappenventils 4, und gibt ein Analogsignal aus, welches den erfaßten Drosselklappenöffnungsgrad TH repräsentiert. Der Drosselklappensensor 23 enthält einen freien Schalter (idle switch), welcher ein binäres Signal ausgibt, welches repräsentiert, ob das Drosselklappenventil 4 sich im wesentlichen in einer vollständig geschlossenen Position befindet oder nicht.

Ein Temperatursensor 24, welcher in einem Zylinderblock des Motors 1 vorgesehen ist, erfaßt die Temperatur des Motorkühlmittels und gibt ein Signal aus, welches die erfaßte Temperatur Thw des Motorkühlmittels repräsentiert. Ein Kurbelwinkelsensor oder ein Drehgeschwindigkeitssensor 25, welcher dem Verteiler 10 zugeordnet ist, erfaßt die Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle des Motors, d. h. die Motordrehgeschwindigkeit, und gibt ein Signal aus, welches die festgestellte Motorgeschwindigkeit Ne repräsentiert. Insbesondere gibt der Motorgeschwindigkeitssensor 25 vierundzwanzig Impulse für jeweils zwei Umdrehungen der Motorkurbelwelle aus.

Ein A/F-Verhältnis-Sensor 26, welcher in einem Gebiet der Abgasleitung 12 stromaufwärts des katalytischen Drei-Wege-Konverters 13 vorgesehen ist, überwacht das Abgas und erfaßt dabei das Luft-zu-Treibstoff-Verhältnis (A/F-Verhältnis) eines Luft-Treibstoff-Gemischs, welches das Abgas verursacht. Der A/F-Verhältnis-Sensor 26 gibt ein Signal aus, welches das erfaßte A/F-Verhältnis  $\lambda$  repräsentiert. Ein A/F-Verhältnis-Sensor oder ein O<sub>2</sub>-Sensor 27, welcher in einem Gebiet der Abgasleitung 12 stromabwärts des katalytischen Konverters 13 vorgesehen ist, überwacht die Sauerstoffkonzentration des Abgases und erfaßt dabei das A/F-Verhältnis eines Luft-Treibstoff-Gemischs, welches das Abgas hervorruft. Der O<sub>2</sub>-Sensor 27 gibt ein Spannungssignal VOX2 aus, welches vom A/F-Verhältnis des Luft-Treibstoff-Gemischs abhängt, welches das Abgas hervorruft. Im allgemeinen spricht das Ausgangssignal des O<sub>2</sub>-Sensors 27 darauf an, ob ein Luft-Treibstoff-Gemisch, welches das Abgas hervorruft, fett oder mager ist.

Eine elektronische Steuereinheit 31 besitzt einen Mikrorechner oder ein ähnliches Bauteil, welches eine CPU 32 enthält, ein ROM 33, ein RAM 34, ein Sicherheits-RAM 35, ein Eingangsport 36 und ein Ausgangsport 37, welche über einen Bus 38 zusammengeschaltet sind. Die Steuereinheit 31 arbeitet in Übereinstimmung mit einem in dem ROM 33 gespeicherten Programm. Das Eingangsport 36 empfängt die Ausgangssignale der Sensoren 21 bis 27. Die Steuereinheit 31 berechnet einen Sollwert der Treibstoffeinspritzrate TAU und einen Sollwert des Zündungszeitablaufs (target spark timing) Ig auf der Basis der Lufttemperatur Tam, des Einlaßluftdrucks PM, des Drosselklappenöffnungsgrades TH, der Kühlmitteltemperatur Thw, der Motorgeschwindigkeit Ne, des A/F-Verhältnisses  $\lambda$  und der Anzeige VOX2 des fetten/mageren Gemischs, welche durch die Ausgangssignale der Sensoren 21 bis 27 repräsentiert werden. Ein Steuersignal, welches den Sollwert der Treibstoffeinspritzrate TAU repräsentiert, wird den Treibstoffeinspritzventilen 7 über das Ausgangsport 37 ausgegeben, so daß Treibstoff über die Treibstoffeinspritzventile 7 bei einer Rate, welche gleich dem Sollwert der Treibstoffeinspritzrate TAU ist, eingespritzt werden kann. Ein Steuersignal, welches den Sollwert des Zündungszeitablaufs Ig repräsentiert, wird der Zündungsschaltung 9 über das Ausgangsport 37 ausgegeben, so daß die Zündung zu einem Zeitablauf erfolgen kann, welcher gleich ist dem Zeitablauf des Sollwerts der Zündung Ig.

Die Steuereinheit 31 stellt den Sollwert der Treibstoffeinspritzrate TAU ein, um die Steuerung des A/F-Verhältnisses  $\lambda$  auszuführen. Die Charakteristik der A/F-Verhältnis-Steuerung ist vorhergehend unter Verwendung einer später beschriebenen Technik entworfen worden. Die Entwurfstechnik ist ähnlich derjenigen, welche in der veröffentlichten, nicht geprüften japanischen Patentanmeldung 64-110853 offenbart ist.

#### (1) Modellieren eines gesteuerten Objekts

Ein dynamisches Modell des Systems zum Steuern des A/F-Verhältnisses  $\lambda$  wird bestimmt durch Annäherung auf der Basis eines Modells des autoregressiven Bewegungsdurchschnitts, welches eine Ordnung von 1 und eine Totzeit von  $p=3$  besitzt. Zusätzlich wird eine Störung in Annäherung zur Bestimmung des dynamischen Modells des Systems berücksichtigt. Das dynamische Modell des das A/F-Verhältnis steuernden Systems wird durch Verwendung der folgenden Gleichung angenähert:

$$\lambda(k) = a \times \lambda(k-1) + b \times \text{FAF}(k-3) \quad (1)$$

wobei  $\lambda$  ein A/F-Verhältnis bezeichnet, FAF einen Korrekturkoeffizienten des A/F-Verhältnisses bezeichnet, "a" und "b" Modellkonstanten bezeichnen und "k" eine Variable darstellt, welche die Anzahl von Malen des Abtastens repräsentiert, welche dem Augenblick des Abtastens entspricht. Im Hinblick auf eine Störung "d" wird die Gleichung (1) wie folgt modifiziert:

$$\lambda(k) = a \cdot \lambda(k-1) + b \cdot \text{FAF}(k-3) + d(k-1) \quad (2)$$

Es ist leicht, experimentell die Modellkonstanten "a" und "b" durch Synchronisieren der Abtastungen mit der Drehperiode der Motorkurbelwelle (360° des Kurbelwinkels) und unter Verwendung einer Stufenansprechtechnik (step response technique) hinsichtlich des dynamischen Modells, welches der Gleichung (2) entspricht, zu bestimmen und wobei die Übertragungsfunktion des Systems zum Steuern des A/F-Verhältnisses  $\lambda$  berechnet wird. Die Bestimmung der Modellkonstanten "a" und "b" resultiert in der Bestimmung des dynamischen Modells des das A/F-Verhältnis steuernden Systems.

#### (2) Verfahren zum Darstellen der Zustandsvariablen X

Zustandsvariable oder ein zustandsvariabler Vektor X werden nun wie folgt definiert:

$$X(k) = [X_1(k), X_2(k), X_3(k), X_4(k)]^T \quad (3)$$

wobei der hochgestellte Index T die transponierte Matrix (Vektor) bezeichnet. Wenn die Zustandsvariablen X verwendet werden, wird die Gleichung (2) wie folgt ausgedrückt:

$$\begin{bmatrix} X_1(k+1) \\ X_2(k+1) \\ X_3(k+1) \\ X_4(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ab00 \\ 0010 \\ 0001 \\ 0000 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1(k) \\ X_2(k) \\ X_3(k) \\ X_4(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} FAF(k) + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} d(k) \quad (4)$$

Die Gleichung 4 wird gelöst, und danach wird folgende Beziehung eingeführt:

$$X_1(k+1) = aX_1(k) + bX_2(k) + d(k) = \lambda(k+1) \quad (5)$$

Zusätzlich werden die Zustandsvariablen wie folgt ausgedrückt:

$$\begin{aligned} X_1(k+1) &= \lambda(k+1) \\ X_2(k+1) &= FAF(k-2) \\ X_3(k+1) &= FAF(k-1) \\ X_4(k+1) &= FAF(k) \end{aligned} \quad (6)$$

### (3) Entwurf eines integral-addierten Reglers

#### (Integral-added Regulator)

Ein Regler wird unter Verwendung der Gleichungen (3) und (6) entworfen. Es werden die Rückkopplungsverstärkungen (ein Rückkopplungsverstärkungsvektor)  $K = [K_1, K_2, K_3, K_4]$  und die Zustandsvariablen  $X^T(k) = [\lambda(k), FAF(k-3), FAF(k-2), FAF(k-1)]$  verwendet, und auf diese Weise wird folgende Beziehung erlangt:

$$FAF(k) = K \cdot X^T(k) = K_1 \cdot \lambda(k) + K_2 \cdot FAF(k-3) + K_3 \cdot FAF(k-2) + K_4 \cdot FAF(k-1) \quad (7)$$

Wenn ein Integralausdruck  $Z_1(k)$  zum Absorbieren von Fehlern hinzugefügt wird, wird die Gleichung (7) zu folgender Gleichung modifiziert:

$$FAF(k) = K_1 \cdot \lambda(k) + K_2 \cdot FAF(k-3) + K_3 \cdot FAF(k-2) + K_4 \cdot FAF(k-1) + Z_1(k) \quad (8)$$

Auf diese Weise wird der Korrektorkoeffizient FAF des A/F-Verhältnisses bestimmt. Der Integralausdruck  $Z_1(k)$  entspricht der Akkumulation der Differenz zwischen einem Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses und einem aktuellen A/F-Verhältnis  $\lambda(k)$ . Insbesondere ist der Integralausdruck  $Z_1(k)$  durch folgende Gleichung gegeben:

$$Z_1(k) = Z_1(k-1) + K_a \cdot \{\lambda_{TG} - \lambda(k)\} \quad (9)$$

wobei  $K_a$  eine Integralkonstante bezeichnet.

Fig. 2 zeigt ein Blockdiagramm des Systems zur Steuerung des A/F-Verhältnisses, welches wie vorher beschrieben entworfen ist. In Fig. 2 entspricht ein durch die gestrichelten Linien dargestellter Block P1 dem Abschnitt des Systems, welcher die Zustandsvariablen  $X(k)$  unter Bedingungen bestimmt, bei welchen das aktuelle A/F-Verhältnis  $\lambda(k)$  bei dem Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses in Rückkopplung gesteuert wird. Ein Block P2 entspricht dem Akkumulationsabschnitt des Systems, welcher den Integralausdruck  $Z_1(k)$  berechnet. Ein Block P3 entspricht dem Abschnitt des Systems, welcher den Korrekturwert FAF(k) des jeweiligen A/F-Verhältnisses von den Zustandsvariablen  $X(k)$  und den Integralausdruck  $Z_1(k)$  berechnet, welcher durch die Blöcke P1 bzw. P2 bestimmt ist. Darüber hinaus repräsentieren Blöcke der  $Z^{-1}$ -Transformation Funktionen von Ableitungen der Werte FAF(k-1), FAF(k-2) und FAF(k-3) von den Werten FAF(k), FAF(k-1) bzw. FAF(k-2). Beispielsweise entspricht der  $Z^{-1}$ -Transformationsblock, welcher den Wert FAF(k-1) aus dem Wert FAF(k) ableitet, der Tatsache, daß der Wert FAF(k-1), welcher in einem gewissen Ausführungszyklus (einem bestimmten Augenblick) der Steuerung verwendet wird, in das RAM 34 abgespeichert worden ist, und der Wert FAF(k-1) aus dem RAM 34 ausgelesen wird und in dem nächsten Ausführungszyklus (dem nächsten Augenblick) der Steuerung verwendet wird. Der andere  $Z^{-1}$ -Transformationsblock entspricht ähnlichen Tatsachen.

## (4) Bestimmung der optimalen Rückkopplungsverstärkung K

Optimale Rückkopplungsverstärkungen (ein optimaler Rückkopplungsverstärkungsvektor) K und eine optimale Integrationskonstante Ka können bestimmt werden durch Minimierung des folgenden Durchführungsindex oder der Funktion J,

$$J = \sum_{k=0}^{\infty} [Q\{\lambda(k) - \lambda_{TG}\}^2 + R\{FAF(k) - FAF(k-1)\}^2] \quad (10)$$

wobei Q und R Wichtungsparemeter bezeichnen. Der Durchführungsindex J ist bestimmt zum Minimieren der Abweichung des aktuellen A/F-Verhältnisses  $\lambda(k)$  von dem Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses, während die Bewegung des Korrekturkoeffizienten des A/F-Verhältnisses FAF(k) beschränkt wird. Die Wichtung der Beschränkung des Korrekturkoeffizienten FAF(k) des A/F-Verhältnisses kann in Übereinstimmung mit den Wichtungsparemetern Q und R geändert werden. Im allgemeinen werden die optimalen Rückkopplungsverstärkungen K und die optimale Integrationskonstante Ka durch Veränderung der Wichtungsparemeter Q und R und Wiederholen der Simulation bestimmt, bis eine optimale Steuercharakteristik erlangt wird. Darüber hinaus hängen die optimalen Rückkopplungsverstärkungen K und die optimale Integrationskonstante Ka von den Modellkonstanten "a" und "b" ab. Um demgemäß die Systemstabilität (Robustheit) gegenüber Änderungen (Parameteränderungen) in dem System, welches das A/F-Verhältnis steuert, zu sichern, ist es notwendig, Änderungen der Modellkonstanten "a" und "b" bei dem Entwurf der optimalen Rückkopplungsverstärkungskonstanten K und der optimalen Integrationskonstante Ka zu berücksichtigen. So wird die Simulation durchgeführt, während Änderungen der Modellkonstanten "a" und "b", welche tatsächlich geschehen können, berücksichtigt werden, so daß die optimalen Rückkopplungsverstärkungen K und die optimale Integrationskonstante Ka, welche geeignet ist, der Stabilität zu genügen, erlangt werden.

Die vorhergehend erwähnte Modellierung des gesteuerten Objekts, das Verfahren des Darstellens der Zustandsvariablen X, das Entwerfen des integral-addierten Reglers und das Bestimmen der optimalen Rückkopplungsverstärkungen K werden im voraus durchgeführt. Die Steuereinheit 31 verwendet lediglich die Ergebnisse dieser Verfahren und führt die Steuerung des A/F-Verhältnisses durch Bezugnahme auf die Gleichungen (8) und (9) aus.

Wie vorher beschrieben, arbeitet die Steuereinheit 31 in Übereinstimmung mit einem in dem ROM 33 gespeicherten Programm. Das Programm enthält ein Hauptprogramm und verschiedene Unterprogramme, von denen eins ein Berechnungsprogramm der Treibstoffeinspritzrate ist. Das Berechnungsprogramm der Treibstoffeinspritzrate wird synchron mit der Drehung der Kurbelwelle des Motors 1 ausgeführt. Insbesondere wird das Berechnungsprogramm der Treibstoffeinspritzrate zu einer gegebenen Periode wiederholt, welche 360° des Kurbelwinkels entspricht.

Fig. 3 zeigt ein Flußdiagramm des Berechnungsprogramms der Treibstoffeinspritzrate. Wie in Fig. 3 gezeigt ist, berechnet ein erster Schritt S101 des Berechnungsprogramms der Treibstoffeinspritzrate eine Basis-treibstoffeinspritzrate TP (einen Basisbetrag des während eines Treibstoffeinspritzverfahrens eingespritzten Treibstoffes) auf der Basis der Motorbetriebsbedingungen, welche den gegenwärtigen Einlaßluftdruck PM und die gegenwärtige Motorgeschwindigkeit Ne enthalten.

Ein Schritt S102, welcher Schritt S101 folgt, bestimmt, ob gegebene Bedingungen zur Ausführung der Rückkopplungssteuerung des A/F-Verhältnisses erfüllt sind oder nicht. Die gegebenen Bedingungen stimmen mit Bedingungen überein, bei welchen die Kühlmitteltemperatur Thw gleich oder größer ist als eine Referenztemperatur und der Motor 1 außerhalb Bereichen einer gegebenen Hochgeschwindigkeit oder Schwerlast betrieben wird. Wenn die gegebenen Bedingungen als hinreichend bestimmt werden, schreitet das Programm von dem Schritt S102 zu einem Block S103 voran. Anderenfalls schreitet das Programm von dem Schritt S102 zu einem Schritt S106 voran.

Der Block S103 setzt einen Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses, wie hernach beschrieben wird. Ein Schritt S104, welcher dem Block S103 folgt, setzt einen Korrekturkoeffizienten FAF des A/F-Verhältnisses, welcher entworfen ist, um ein aktuelles A/F-Verhältnis  $\lambda$  zu errichten, welches gleich dem Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses ist. Insbesondere leitet der Schritt S104 das gegenwärtig aktuelle A/F-Verhältnis  $\lambda(k)$  von dem Ausgangssignal des A/F-Verhältnis-Sensors 26 ab und berechnet dann den Korrekturkoeffizienten FAF des A/F-Verhältnisses von dem Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses und dem aktuellen A/F-Verhältnis  $\lambda(k)$  durch Bezugnahme auf die Gleichungen (8) und (9). Nach dem Schritt S104 schreitet das Programm zu einem Schritt S105 fort.

Der Schritt S106 setzt den Korrekturkoeffizienten FAF des A/F-Verhältnisses auf "1". Nach dem Schritt S106 schreitet das Programm zu dem Schritt S105 voran.

Der Schritt S105 berechnet einen Sollwert der Treibstoffeinspritzrate TAU (ein Sollwertbetrag des Treibstoffes, welches während einem Treibstoffeinspritzverfahren eingespritzt wird) von der Basisrate der Treibstoffeinspritzrate TP, dem Korrekturkoeffizienten des A/F-Verhältnisses FAF und einem anderen Korrekturkoeffizienten FALL durch Bezugnahme auf die Gleichungen "TAU = TP x FAF x FALL". Nach dem Schritt S105 endet der gegenwärtige Ausführungszyklus des Berechnungsprogramms der Treibstoffeinspritzrate.

Die Steuereinheit 31 erzeugt ein Treibstoffeinspritzsteuersignal auf der Basis des Sollwerts der Treibstoffeinspritzrate TAU und gibt das Treibstoffeinspritzsteuersignal den Treibstoffeinspritzventilen 7 aus. Das Zeitintervall, währenddessen die Treibstoffeinspritzventile 7 geöffnet bleiben, d. h. die Treibstoffeinspritzrate, wird als Antwort auf das Treibstoffeinspritzsteuersignal eingestellt, so daß das aktuelle A/F-Verhältnis eines Luft-Treib-



stoff-Gemischs, welches dem Motor 1 zugeführt wird, auf den Sollwert des A/F-Verhältnisses  $\lambda_{TG}$  gesteuert werden kann.

Nun wird eine detaillierte Beschreibung des Blocks S103 von Fig. 3 gegeben. Der Block S103 setzt den Sollwert des A/F-Verhältnisses  $\lambda_{TG}$  als Antwort auf die Ausgangsspannung VOX2 des O<sub>2</sub>-Sensors 27. Im allgemeinen neigt die Ausgangsspannung VOX2 des O<sub>2</sub>-Sensors 27 dazu, mit Änderungen in dem aktuellen A/F-Verhältnis  $\lambda$  unter gewissen Bedingungen zu fluktuieren. Um eine solche Fluktuation, welche die Stabilität der A/F-Verhältnis-Steuerung vermindern würde, zu entfernen, wird die Ausgangsspannung VOX2 des O<sub>2</sub>-Sensors 27 auf einen Mittelwert VOX2AV gemittelt. Die A/F-Verhältnis-Steuerung spricht auf die Mittelungsspannung VOX2AV an. Der Block S103 enthält ein Programm zum Mitteln der Ausgangsspannung VOX2 des O<sub>2</sub>-Sensors 27. Die Steuereinheit 31 tastet iterativ die Ausgangsspannung VOX2 des O<sub>2</sub>-Sensors 27 bei einer Periode von 32 msec ab, und die CPU 32 wird iterativ über den Abtastwert der Ausgangsspannung VOX2 des O<sub>2</sub>-Sensors 27 bei derselben Periode informiert. Das Spannungsmittelungsprogramm wird zu jeder Zeit ausgeführt, zu welcher die CPU 32 über den Abtastwert der Ausgangsspannung VOX2 des O<sub>2</sub>-Sensors 27 informiert wird.

Fig. 4 zeigt ein Flußdiagramm des Spannungsmittelungsprogramms. Wie in Fig. 4 gezeigt wird, berechnet ein erster Schritt S201 des Spannungsmittelungsprogramms den Differenzwert, welcher gleich ist dem gegenwärtigen Wert VOX2 abzüglich dem vorausgehenden Wert VOX21 der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27. Danach vergleicht der Schritt S201 den berechneten Differenzwert mit Null. Wenn der Differenzwert gleich oder kleiner als Null ist, d. h. wenn der Differenzwert eine Änderung in dem A/F-Verhältnis gegen einen mageren Zustand (lean side) anzeigt, schreitet das Programm vom Schritt S201 zu einem Schritt S202 voran. Wenn der Differenzwert größer als Null ist, d. h. wenn der Differenzwert eine Änderung in dem A/F-Verhältnis gegen einen fetten Zustand (rich side) anzeigt, schreitet das Programm von dem Schritt S201 zu einem Schritt S204 voran. Es sollte bemerkt werden, daß die Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 ansteigt, wenn das A/F-Verhältnis sich von einem mageren Zustand zu einem fetten Zustand hin verändert.

Der Schritt S202 bestimmt, ob ein Erhöhungsveränderungsflag XOXC gelöscht ist oder nicht. Wenn bestimmt wird, daß das Erhöhungsveränderungsflag XOXC gelöscht ist, springt das Programm von dem Schritt S202 zu einem Schritt S203. Anderenfalls schreitet das Programm von dem Schritt S202 zu einem Schritt S208 voran, welches das Erhöhungsveränderungsflag XOXC löscht. Nach dem Schritt S208 schreitet das Programm zu einem Schritt S206 voran.

Der Schritt S203 aktualisiert den vorausgehenden Wert VOX21 der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 durch Setzen des vorausgehenden Wertes VOX21 gleich dem gegenwärtigen Wert VOX2. Der aktualisierte vorausgehende Wert VOX21 wird in das RAM 34 abgespeichert. Nach dem Schritt S203 endet der gegenwärtige Ausführungszyklus des Spannungsmittelungsprogramms und das Programm kehrt zum Hauptprogramm zurück.

Der Schritt S204 bestimmt, ob das Erhöhungsveränderungsflag XOXC gesetzt ist oder nicht. Wenn bestimmt wird, daß das Erhöhungsveränderungsflag XOXC gesetzt ist, springt das Programm von dem Schritt S204 zu dem Schritt S203. Anderenfalls schreitet das Programm von dem Schritt S204 zu einem Schritt S205 voran, welches das Erhöhungsveränderungsflag XOXC setzt. Nach dem Schritt S205 rückt das Programm auf den Schritt S206 vor.

Der Schritt S206 mittelt den vorausgehenden Wert VOX21 und ein neuester Spitzenwert VOX2BF der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 in einen Mittelwert VOX2AV durch Bezugnahme auf die Gleichung  $VOX2AV = (VOX21 + VOX2BF)/2$ . Der neueste Spitzenwert VOX2BF wird aus dem RAM 34 ausgelesen. Ein Schritt S207, welcher dem Schritt S206 folgt, aktualisiert den neuesten Spitzenwert VOX2BF durch Setzen des neuesten Spitzenwerts VOX2BF gleich dem vorausgehenden Wert VOX21. Der aktualisierte neueste Spitzenwert VOX2BF wird in das RAM 34 abgespeichert. Nach dem Schritt S207 rückt das Programm zu dem Schritt S203 vor.

Das Erhöhungsveränderungsflag XOXC zeigt an, ob sich das A/F-Verhältnis auf einen fetten Zustand in dem Augenblick des vorausgehenden Abtastens der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 ändert oder nicht. Es wird nun angenommen, daß, wie in Fig. 5 gezeigt, der gegenwärtige Abtastwert "b" der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 einen mageren Zustandswert (leaner-side value) als den Wert des vorausgehenden Abtastwerts "a" davon anzeigt, und das Erhöhungsveränderungsflag XOXC wird gelöscht. Unter diesen Bedingungen ist der Differenzwert "VOX2 - VOX21" (welcher dem Differenzwert gleich dem gegenwärtigen Abtastwert "b" abzüglich dem vorhergehenden Abtastwert "a" entspricht) gleich oder kleiner als Null, so daß das Programm von dem Schritt S201 zu dem Schritt S202 vorrückt. Da das Erhöhungsveränderungsflag XOXC gelöscht ist, rückt das Programm von dem Schritt S202 zu dem Schritt S203 vor. Der Schritt S203 aktualisiert den vorausgehenden Wert VOX21 der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 durch Setzen des vorausgehenden Wertes VOX21 gleich dem gegenwärtigen Wert VOX2.

Es wird nun angenommen, daß, wie in Fig. 5 gezeigt, ein Abtastwert "c" der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27, welche temporär dem Abtastwert "b" folgt, einen fetteren Zustandswert (richer-side value) als den Wert des vorausgehenden Abtastwerts "b" anzeigt. In diesem Fall ist der Differenzwert "VOX2 - VOX21" (welcher dem Differenzwert gleich dem gegenwärtigen Abtastwert "c" abzüglich dem vorausgehenden Abtastwert "b" entspricht) größer als Null, so daß das Programm von dem Schritt S201 zu dem Schritt S204 vorrückt. Da das Erhöhungsveränderungsflag XOXC, wie vorhergehend beschrieben, gelöscht ist, schreitet das Programm von dem Schritt S204 zu dem Schritt S205 voran. Der Schritt S205 setzt das Erhöhungsveränderungsflag XOXC. Danach mittelt der Schritt S206 den vorausgehenden Wert VOX21 und den neuesten Spitzenwert VOX2BF der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 in einen Mittelwert VOX2AV. Darauf folgend aktualisiert der Schritt S207 den neuesten Spitzenwert VOX2BF durch Setzen des neuesten Spitzenwerts VOX2BF gleich dem vorausgehenden Wert VOX21. Nach dem Schritt S207 rückt das Programm auf den Schritt S203 vor.

In den Fällen, bei welchen die Richtung einer Änderung der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 sich von

einer Hinweisrichtung eines fetten Zustands (rich-side pointing direction) in eine Hinweisrichtung eines mageren Zustands (lean-side pointing direction) ändert, schreitet das Programm von dem Schritt S201 zu dem Schritt S202 voran. Da das Erhöhungsänderungsflag XOXC gesetzt ist, rückt das Programm von dem Schritt S202 zu dem Schritt S208 vor. Der Schritt S208 löscht das Erhöhungsänderungsflag XOXC. Danach mittelt der Schritt S206 den vorausgehenden Wert VOX21 und einen neuesten Spitzenwert VOX2BF der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 in einen Mittelwert VOX2AV.

Der Block S103 von Fig. 3 enthält ein Sättigungssprungsteuerprogramm zum Setzen des Sollwerts des A/F-Verhältnisses  $\lambda_{TG}$  in Übereinstimmung mit dem Mittelwert VOX2AV der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27. Das Sättigungssprungsteuerprogramm wird wiederholt bei einer Periode von 32 msec ausgeführt. Fig. 6 bis 8 zeigen ein Flußdiagramm des Sättigungssprungsteuerprogramms.

Wie in Fig. 6 gezeigt ist, bestimmt ein Schritt S301 des Sättigungssprungsteuerprogramms, ob der Mittelwert VOX2AV der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 einen erlaubbaren Grenzwert VRL des fetten Zustands (rich-side) überschreitet oder nicht. Wenn der Mittelwert VOX2AV den erlaubbaren Grenzwert VRL des fetten Zustands überschreitet, d. h. wenn das A/F-Verhältnis  $\lambda$  in einem gegebenen fetten Bereich liegt, rückt das Programm von dem Schritt S301 zu einem Schritt S306 von Fig. 7 vor. Anderenfalls rückt das Programm von dem Schritt S301 zu einem Schritt S302 vor.

Der Schritt S302 setzt einen Zählerwert CR auf Null zurück. Wie später erklärt wird, zeigt der Zählerwert CR die Zeitlänge an, während derer das A/F-Verhältnis  $\lambda$  in dem gegebenen fetten Bereich verbleibt.

Ein Schritt S303, welcher dem Schritt S302 folgt, bestimmt, ob der Mittelwert VOX2AV der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 kleiner ist als ein erlaubbarer Grenzwert VLL des mageren Zustands (lean-side). Wenn der Mittelwert VOX2AV kleiner ist als der erlaubbare Grenzwert VLL des mageren Zustands, d. h. wenn das A/F-Verhältnis  $\lambda$  in einem gegebenen mageren Bereich liegt, rückt das Programm von dem Schritt S303 zu einem Schritt S315 von Fig. 8 vor. Anderenfalls rückt das Programm von dem Schritt S303 zu einem Schritt S304 vor.

Der Schritt S304 setzt einen Zählerwert CL auf Null zurück. Wie später erklärt wird, zeigt der Zählerwert CL die Zeitlänge an, während derer das A/F-Verhältnis  $\lambda$  in dem gegebenen mageren Bereich verbleibt. Ein Schritt S305, welcher auf den Schritt S304 folgt, setzt den Sollwert des A/F-Verhältnisses  $\lambda_{TG}$  auf einen Wert, welcher dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis " $\lambda = 1$ " entspricht. Nach dem Schritt S305 endet der gegenwärtige Ausführungszyklus des Sättigungssprungsteuerprogramms, und das Programm kehrt zu dem Hauptprogramm zurück.

Wie von der vorausgehenden Beschreibung zu verstehen ist, wird der Sollwert des A/F-Verhältnisses  $\lambda_{TG}$  auf dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis " $\lambda = 1$ " in den Fällen gehalten, bei welchen der Mittelwert VOX2AV der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 anzeigt, daß das A/F-Verhältnis  $\lambda$  zwischen dem gegebenen fetten Bereich und dem gegebenen mageren Bereich verbleibt.

Der Schritt S306 von Fig. 7 bestimmt, ob der Zählerwert CR des fetten Zustands eine Referenzzahl TAR überschreitet oder nicht. Wenn der Zählerwert CR des reichen Zustands die Referenzzahl TAR überschreitet, d. h. wenn das A/F-Verhältnis  $\lambda$  sich länger als eine gegebene Zeit in dem gegebenen fetten Zustand befunden hat, rückt das Programm von dem Schritt S306 zu einem Schritt S309 vor. Anderenfalls rückt das Programm von dem Schritt S306 zu einem Schritt S307 vor.

Der Schritt S307 erhöht den Zählerwert CR des fetten Zustands um eins. Ein Schritt S308, welcher dem Schritt S307 folgt, setzt den Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf das stöchiometrische A/F-Verhältnis " $\lambda = 1$ ". Nach dem Schritt S308 endet der gegenwärtige Ausführungszyklus des Sättigungssprungsteuerprogramms, und das Programm kehrt zum Hauptprogramm zurück.

Der Schritt S309 berechnet einen Wert TFL einer Korrekturperiode durch Bezugnahme auf die Gleichung " $TFL = IOSTmin/(QA \times ML)$ ", wobei QA die gegenwärtige Rate eines Luftstroms in den Motor 1 bezeichnet und ML eine Konzentration der spezifischen Komponente in dem Abgas bezeichnet und OSTmin einen minimalen absorbierten Betrag bezeichnet. Nach dem Schritt S309 rückt das Programm auf einen Schritt S310 vor.

Der Schritt S310 bestimmt, ob ein Zählerwert TE den Wert TFL der Korrekturperiode überschreitet oder nicht. Wenn der Zählerwert TE den Korrekturperiodenwert TFL überschreitet, rückt das Programm von dem Schritt S310 zu einem Schritt S313 vor. Anderenfalls rückt das Programm von dem Schritt S310 zu einem Schritt S311 vor.

Der Schritt S311 setzt den Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf ein vorherbestimmtes A/F-Verhältnis  $\lambda_{TGL}$  des mageren Zustands. Ein Schritt S312, welcher auf den Schritt S311 folgt, erhöht den Zählerwert TE um eins. Nach dem Schritt S312 kehrt das Programm zu dem Schritt S310 zurück. So werden die Schritte S310, S311 und S312 wiederholt, bis der Zählerwert TE den Korrekturperiodenwert TFL überschreitet.

Der Schritt S313 setzt den Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf das stöchiometrische A/F-Verhältnis " $\lambda = 1$ ". Ein Schritt S314, welcher dem Schritt S313 folgt, setzt die Zählerwerte CR und TE auf Null zurück. Nach dem Schritt S314 endet der gegenwärtige Ausführungszyklus des Sättigungssprungsteuerprogramms, und das Programm kehrt zum Hauptprogramm zurück.

Der Schritt S315 von Fig. 8 bestimmt, ob der Zählerwert CL des mageren Zustands eine Referenzzahl TAL überschreitet oder nicht. Wenn der Zählerwert CL des mageren Zustands die Referenzzahl TAL überschreitet, d. h. wenn das A/F-Verhältnis  $\lambda$  länger als eine gegebene Zeit sich in dem gegebenen mageren Bereich befunden hat, rückt das Programm von dem Schritt S315 zu einem Schritt S318 vor. Anderenfalls rückt das Programm von dem Schritt S315 zu einem Schritt S316 vor.

Der Schritt S316 erhöht den Zählerwert CL des mageren Zustands um eins. Ein Schritt S317, welcher dem Schritt S316 folgt, setzt den Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf das stöchiometrische A/F-Verhältnis " $\lambda = 1$ ". Nach dem Schritt S317 endet der gegenwärtige Ausführungszyklus des Sättigungssprungsteuerprogramms, und das Programm kehrt zu dem Hauptprogramm zurück.

Der Schritt S318 berechnet einen Korrekturperiodenwert TFL durch Bezugnahme auf die Gleichung  $TFR = \frac{1}{OST_{max}/(QA \times MR)}$ , wobei QA die gegenwärtige Rate eines Luftstroms in den Motor 1 bezeichnet und MR eine Konzentration der spezifischen Komponente in dem Abgas bezeichnet und OST<sub>max</sub> einen maximalen absorbierten Betrag bezeichnet. Nach dem Schritt S318 rückt das Programm zu einem Schritt S319 vor.

Der Schritt S319 bestimmt, ob ein Zählerwert TE den Korrekturperiodenwert TFR überschreitet oder nicht. Wenn der Zählerwert TE den Korrekturperiodenwert TFR überschreitet, rückt das Programm von dem Schritt S319 zu einem Schritt S322 vor. Anderenfalls rückt das Programm von dem Schritt S319 zu einem Schritt S320 vor.

Der Schritt S320 setzt den Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf ein vorherbestimmtes A/F-Verhältnis  $\lambda_{TGR}$  des fetten Zustands. Ein Schritt S321, welcher dem Schritt S321 folgt, erhöht den Zählerwert TE um eins. Nach dem Schritt S321 kehrt das Programm zu dem Schritt S319 zurück. Auf diese Weise werden die Schritte S319, S320 und S321 wiederholt, bis der Zählerwert TE den Korrekturperiodenwert TFR überschreitet.

Der Schritt S322 setzt den Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf das stöchiometrische A/F-Verhältnis  $\lambda = 1$ . Ein Schritt S323, welcher dem Schritt S322 folgt, setzt die Zählerwerte CL und TE auf Null zurück. Nach dem Schritt S323 endet der gegenwärtige Ausführungszyklus des Sättigungssprungsteuerprogramms, und das Programm kehrt zu dem Hauptprogramm zurück.

Wie in Fig. 9 gezeigt ist, wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis  $\lambda = 1$  durch die Operation der Schritte S301, S303 und S305 in dem Fall gehalten, bei welchem der Mittelwert VOX2AV der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 zwischen dem erlaubbaren Grenzwert VRL des fetten Zustands und den erlaubbaren Grenzwerten VLL des mageren Zustands verbleibt.

In dem Fall, bei welchem der Mittelwert VOX2AV der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 größer als der erlaubbare Grenzwert VRL des fetten Zustands für weniger als eine Referenzperiode verbleibt, welche durch die Referenzzahl TAR bestimmt ist, wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis  $\lambda = 1$  durch die Operation der Schritte S306 und S308 gehalten. Andererseits wird in dem Fall, bei welchem der Mittelwert VOX2AV der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 größer als der erlaubbare Grenzwert VRL des fetten Zustands für länger als die Referenzperiode verbleibt, die durch die Referenzzahl TAR bestimmt wird, wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses von dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis  $\lambda = 1$  durch die Operation der Schritte S306 und S311 auf das vorherbestimmte A/F-Verhältnis  $\lambda_{TGL}$  des mageren Zustands verändert. Dann wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf dem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{TGL}$  des mageren Zustands für die Korrekturperiode TFL gehalten. Dieses Verfahren resultiert aus der iterativen Ausführung der Schritte S310, S311 und S312. Wenn die Korrekturperiode TFL verstreicht, kehrt der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses durch die Operation der Schritte S310 und S313 auf das stöchiometrische A/F-Verhältnis  $\lambda = 1$  zurück.

Der erlaubbare Grenzwert VRL des fetten Zustands und die Referenzperiode, welche durch die Referenzzahl TAR bestimmt ist, sind vorherbestimmte Bedingungen, welche beim Erfassen einer Sättigung im fetten Zustand des katalytischen Konverters 13 verwendet werden. Die Tatsache, daß der Mittelwert VOX2AV der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 größer als der erlaubbare Grenzwert VRL des fetten Zustands für länger als die Referenzperiode, welche durch die Referenzzeit TAR bestimmt ist, verbleibt, wird als ein Anzeichen von Bedingungen betrachtet, bei welchen der katalytische Konverter 13 in einem fetten Zustand gesättigt ist, und so der katalytische Konverter 13 nicht mehr CO und KW aus dem Abgas absorbieren kann. Unter den gesättigten Bedingungen des fetten Zustands wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf das vorherbestimmte A/F-Verhältnis  $\lambda_{TGL}$  des mageren Zustands verändert, um den katalytischen Konverter 13 wieder herzustellen. Wie vorher beschrieben, wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf dem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{TGL}$  des mageren Zustands für die Korrekturperiode TFL gehalten.

Der Schritt S309 berechnet den Korrekturperiodenwert TFL durch Bezugnahme auf die Gleichung  $TFL = \frac{1}{OST_{min}/(QA \times ML)}$ . Wie in Fig. 10 gezeigt, verändert sich die Konzentration der spezifischen Komponente in dem Abgas mit dem A/F-Verhältnis  $\lambda$ . Die Tabelleninformation der Beziehung zwischen der Konzentration der spezifischen Komponente und dem A/F-Verhältnis  $\lambda$  von Fig. 10 ist vorher in dem ROM 33 oder dem Sicherungs-RAM 35 gespeichert worden. In Fig. 10 ist die Konzentration der spezifischen Komponente gleich Null bei dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis  $\lambda = 1$ . Die Konzentration der spezifischen Komponente erhöht sich in einem positiven Bereich, wenn sich das A/F-Verhältnis  $\lambda$  von dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis  $\lambda = 1$  zu einem mageren Zustand bewegt. Die Konzentration der spezifischen Komponente verändert sich in einem negativen Bereich, wenn sich das A/F-Verhältnis  $\lambda$  von dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis  $\lambda = 1$  zu einem fetteren Zustand bewegt. Im allgemeinen erhöhen sich die NO<sub>x</sub>- und O<sub>2</sub>-Konzentrationen in dem Abgas, wenn sich das A/F-Verhältnis  $\lambda$  von dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis  $\lambda = 1$  auf einen mageren Zustand bewegt. Andererseits erhöhen sich die CO- und KW-Konzentrationen in dem Abgas, wenn sich das A/F-Verhältnis  $\lambda$  von dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis  $\lambda = 1$  zu einem fetteren Zustand bewegt. In Fig. 10 wird die Konzentration der spezifischen Komponente entsprechend der O<sub>2</sub>-Konzentration definiert. So ist die Konzentration der spezifischen Komponente positiv an den A/F-Verhältnissen in einem mageren Zustand. Andererseits ist die Konzentration der spezifischen Komponente an den A/F-Verhältnissen in einem fetten Zustand negativ. Negative Konzentrationen der spezifischen Komponente bedeuten O<sub>2</sub>-Beträge (Konzentrationen), welche nötig sind, um CO und KW, welche von dem katalytischen Konverter 13 abgefangen wurden, in nicht toxische Komponenten umzuwandeln. Die Konzentration der spezifischen Komponente, welche bei dem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{TGL}$  des mageren Zustands auftritt, wird als die Konzentration ML der spezifischen Komponente in der Gleichung zur Berechnung der Korrekturperiode TFL verwendet. Die gegenwärtige Luftflußrate QA wird durch die gegenwärtige Motorgeschwindigkeit Ne und den gegenwärtigen Einlaßluftdruck PM bestimmt. In der Gleichung zur Berechnung der Korrekturperiode TFL zeigt das Produkt der gegenwärtigen Luftflußrate QA und der Konzentration ML der spezifischen Komponente die O<sub>2</sub>-Flußrate in dem Auspuff-

system des Motors an. Zusätzlich entspricht der minimale absorbierte Betrag OSTmin einem Maximumbetrag von CO und KW, welcher von dem katalytischen Konverter 13 unter Bedingungen absorbiert worden ist, bei welchen der katalytische Konverter 13 in einem fetten Zustand gesättigt ist. Da ein O<sub>2</sub>-Betrag als Referenz zum Ausdrücken des minimalen absorbierten Betrags OSTmin verwendet wird, ist der minimale absorbierte Betrag OSTmin negativ. Der minimale absorbierte Betrag OSTmin ändert sich, wenn der katalytische Konverter 13 sich verschlechtert. Wie später beschrieben wird, wird der minimale absorbierte Betrag OSTmin wiederholt durch einen Lernprozeß aktualisiert. Der Schritt S309 verwendet den neuesten minimalen absorbierten Betrag OSTmin. Als Resultat des Haltens des Sollwerts  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses an dem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{TGL}$  des mageren Zustands für die Korrekturperiode TFL wird ein geeigneter Betrag von O<sub>2</sub> dem katalytischen Konverter 13 zugeführt, und auf diese Weise reagiert das gesamte darin abgefangene CO und KW mit O<sub>2</sub>. Demgemäß wird das gesamte CO und KW aus dem katalytischen Konverter entfernt, und der katalytische Konverter 13 ist wiederhergestellt.

In dem Fall, bei welchem der Mittelwert VOX2AV der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 kleiner verbleibt als der erlaubbare Grenzwert VLL des mageren Zustands für weniger als eine Referenzperiode, welche durch die Referenzzahl TAL bestimmt ist, wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis " $\lambda = 1$ " durch die Operation der Schritte S315 und S317 gehalten. Andererseits wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses von dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis " $\lambda = 1$ " durch die Operation der Schritte S315 und S320 auf das vorherbestimmte A/F-Verhältnis  $\lambda_{TGR}$  des fetten Zustands in dem Fall verändert, bei welchem der Mittelwert VOX2AV der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 kleiner verbleibt als der erlaubbare Grenzwert VLL des mageren Zustands für länger als die Referenzperiode, welche durch die Referenzzahl TAL bestimmt ist. Dann wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf dem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{TGR}$  des fetten Zustands für die Korrekturperiode TFR gehalten. Dieser Prozeß ergibt sich aus der wiederholten Ausführung der Schritte S319, S320 und S321. Wenn die Korrekturperiode TFR verstreicht, kehrt der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf das stöchiometrische A/F-Verhältnis " $\lambda = 1$ " durch die Operation der Schritte S319 und S322 zurück.

Der erlaubbare Grenzwert VLL des mageren Zustands und die Referenzperiode, welche durch die Referenzzahl TAL bestimmt ist, sind vorherbestimmte Bedingungen, welche beim Erfassen einer Sättigung des katalytischen Konverters 13 im mageren Zustand verwendet werden. Die Tatsache, daß der Mittelwert VOX2AV der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 kleiner verbleibt als der erlaubbare Grenzwert VLL des mageren Zustands für länger als die Referenzperiode, welche durch die Referenzzahl TAL bestimmt ist, wird als Anzeichen von Bedingungen bewertet, bei welchen der katalytische Konverter 13 in einem mageren Zustand gesättigt ist und so der katalytische Konverter 13 nicht mehr NO<sub>x</sub> aus dem Abgas absorbieren kann. Unter den gesättigten Bedingungen des mageren Zustands wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf das vorherbestimmte A/F-Verhältnis  $\lambda_{TGR}$  des fetten Zustands verändert, um den katalytischen Konverter 13 wiederherzustellen. Wie oben beschrieben, wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf dem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{TGR}$  des fetten Zustands für die Korrekturperiode TFR gehalten.

Der Schritt S318 berechnet den Korrekturperiodenwert TFR durch Bezugnahme auf die Gleichung " $TFR = |OST_{max}/(QA \times MR)|$ ". Wie in Fig. 10 gezeigt ist, wird die Konzentration der spezifischen Komponente, welche bei dem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{TGR}$  des fetten Zustands auftritt, als Konzentration MR der spezifischen Komponente in der Gleichung für die Berechnung der Korrekturperiode TFR verwendet. Die gegenwärtige Luftflußrate QA wird durch die gegenwärtige Motorgeschwindigkeit Ne und den gegenwärtigen Einlaßluftdruck PM bestimmt. In der Gleichung zum Berechnen der Korrekturperiode TFR zeigt das Produkt der gegenwärtigen Luftflußrate QA und der Konzentration MR der spezifischen Komponente die CO- und KW-Flußrate in dem Motorabgassystem an. Darüber hinaus entspricht das Maximum des absorbierten Betrags OSTmax einem Maximumbetrag von O<sub>2</sub>, welcher von dem katalytischen Konverter 13 unter Bedingungen absorbiert wird, bei welchen der katalytische Konverter 13 in einem mageren Zustand gesättigt ist. Da ein O<sub>2</sub>-Betrag als Referenz zum Ausdrücken des maximalen absorbierten Betrags OSTmax verwendet wird, ist der maximale absorbierte Betrag OSTmax positiv. Der maximale absorbierte Betrag OSTmax ändert sich, wenn der katalytische Konverter 13 sich verschlechtert. Wie später beschrieben wird, wird der maximale absorbierte Betrag OSTmax wiederholt durch ein Lernverfahren aktualisiert. Der Schritt S318 verwendet den neuesten maximalen absorbierten Betrag OSTmax. Als Ergebnis des Haltens des Sollwerts  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf dem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{TGR}$  des fetten Zustands für die Korrekturperiode TFR wird ein geeigneter Betrag von CO und KW dem katalytischen Konverter 13 zugeführt, und so reagiert das gesamte darin abgefangene NO<sub>x</sub> und O<sub>2</sub> mit CO und KW. Demgemäß wird aus dem katalytischen Konverter 13 das gesamte NO<sub>x</sub> und O<sub>2</sub> entfernt, und der katalytische Konverter 13 ist wiederhergestellt.

Die Steuereinheit 31 empfängt das Ausgangssignal eines (nicht gezeigten) Sensors zum Erfassen der Geschwindigkeit eines Fahrzeugkörpers, welcher durch den Motor 1 angetrieben wird. Die Steuereinheit 31 berechnet die Distanz, welche von dem Fahrzeugkörper zurückgelegt worden ist, auf der Basis des Ausgangssignals des Fahrzeugkörper-Geschwindigkeitssensors. Das Programm zum Betreiben der Steuereinheit 31 enthält ein Lernstartbeurteilungsprogramm. Das Lernstartbeurteilungsprogramm wird während einer bestimmten Periode jedesmal wiederholt ausgeführt, wenn die von dem Fahrzeugkörper zurückgelegte Distanz um 2000 km angestiegen ist.

Fig. 11 zeigt ein Flußdiagramm des Lernstartbeurteilungsprogramms. Wie in Fig. 11 gezeigt, bestimmt ein erster Schritt S401 des Lernstartbeurteilungsprogramms, ob der gegenwärtige Wert VOX2 der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors zwischen dem erlaubbaren Grenzwert VRL des fetten Zustands und dem erlaubbaren Grenzwert VLL des mageren Zustands vorhanden ist oder nicht. Wenn der gegenwärtige Wert VOX2 der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 zwischen dem erlaubbaren Grenzwert VRL des fetten Zustands und dem erlaubbaren Grenzwert VLL des mageren Zustands vorhanden ist, rückt das Programm von dem Schritt S401 zu

einem Schritt S404 vor. Andernfalls rückt das Programm von dem Schritt S401 zu einem Schritt S402 vor. Es sollte bemerkt werden, daß der Schritt S401 den Mittelwert VOX2AV anstelle des Werts VOX2 verwenden kann.

Der Schritt S402 setzt einen Zählerwert TIN auf Null zurück. Der Zählerwert TIN zeigt eine Wartezeit an. Ein Schritt S403, welcher dem Schritt S402 folgt, löscht ein Lernausführungsflag XOSTG auf Null. Nach dem Schritt S403 endet der gegenwärtige Ausführungszyklus des Lernstartbeurteilungsprogramms, und das Programm kehrt zu dem Hauptprogramm zurück.

Der Schritt S404 erhöht den Zählerwert TIN um eins. Ein Schritt S405, welcher Schritt S404 folgt, bestimmt, ob der Zählerwert TIN eine vorherbestimmte Zahl TINL überschreitet oder nicht. Wenn der Zählerwert TIN die vorherbestimmte Zahl TINL überschreitet, d. h. wenn eine gegebene Wartezeit verstreicht, rückt das Programm von dem Schritt S405 zu einem Schritt S406 vor. Andernfalls rückt das Programm von dem Schritt S405 zu dem Schritt S403 vor.

Der Schritt S406 bestimmt, ob sich der Motor 1 in gegebenen stabilen Betriebsbedingungen durch Bezugnahme auf Veränderungen der Motorgeschwindigkeit Ne und den Einlaßluftdruck PM befindet. Wenn sich der Motor 1 in den gegebenen stabilen Betriebsbedingungen befindet, rückt das Programm von dem Schritt S406 zu einem Schritt S407 vor. Andernfalls rückt das Programm von dem Schritt S406 auf den Schritt S403 vor.

Der Schritt S407 bestimmt, ob ein vorherbestimmtes Lernintervall T seit dem Augenblick des Löschsens des Lernausführungsflags XOSTG auf Null verstrichen ist. Wenn das vorherbestimmte Intervall T verstrichen ist, rückt das Programm von dem Schritt S407 auf einen Schritt S408 vor. Andernfalls rückt das Programm von dem Schritt S407 auf den Schritt S403 vor.

Der Schritt S408 setzt das Lernausführungsflag XOSTG auf "1". Nach dem Schritt S408 endet der gegenwärtige Ausführungszyklus des Lernstartbeurteilungsprogramms, und das Programm kehrt zu dem Hauptprogramm zurück.

Das Programm zum Betreiben der Steuereinheit 31 enthält ein A/F-Verhältnis-Änderungssteuerprogramm. Das A/F-Verhältnis-Änderungssteuerprogramm wird während einer bestimmten Periode wiederholt ausgeführt, jedesmal wenn die von dem Fahrzeugkörper zurückgelegte Distanz um 2000 km ansteigt. Das A/F-Verhältnis-Änderungssteuerprogramm folgt dem Lernstartbeurteilungsprogramm von Fig. 11.

Fig. 12 zeigt ein Flußdiagramm des A/F-Verhältnis-Änderungssteuerprogramms. Wie in Fig. 12 gezeigt ist, bestimmt ein erster Schritt S501 des A/F-Verhältnis-Änderungssteuerprogramms, ob das Lernausführungsflag XOSTG gesetzt ist. Wenn bestimmt wird, daß das Lernausführungsflag XOSTG gesetzt ist, schreitet das Programm von dem Schritt S501 zu einem Schritt S502 fort. Anderenfalls tritt das Programm von dem Schritt S501 aus, und der gegenwärtige Ausführungszyklus des A/F-Verhältnis-Änderungssteuerprogramms endet, bevor das Programm zu dem Hauptprogramm zurückkehrt.

Der Schritt S502 bestimmt, ob ein Zählerwert TC eine vorherbestimmte Zahl TR überschreitet oder nicht. Die vorherbestimmte Zahl TR zeigt eine Korrekturzeit des fetten Zustands an. Wenn der Zählerwert TC die vorherbestimmte Zahl TR überschreitet, rückt das Programm von dem Schritt S502 auf einen Schritt S505 vor. Andernfalls rückt das Programm von dem Schritt S502 auf einen Schritt S503 vor.

Der Schritt S503 setzt den Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf ein vorherbestimmtes A/F-Verhältnis  $\lambda_{RT}$  des fetten Zustands, welches einem Luft-Treibstoff-Gemisch entspricht, welches fetter als das stöchiometrische Luft-Treibstoff-Gemisch ist. Nach dem Schritt S503 rückt das Programm zu einem Schritt S504 vor. Der Schritt S504 erhöht den Zählerwert TC um eins. Nach dem Schritt S504 endet der gegenwärtige Ausführungszyklus des A/F-Verhältnis-Änderungssteuerprogramms, und das Programm kehrt zum Hauptprogramm zurück.

Der Schritt S505 bestimmt, ob der Zählerwert TC die Summe der vorherbestimmten Zahl TR und einer vorherbestimmten Zahl TL überschreitet oder nicht. Die vorherbestimmte Zahl TL zeigt eine Korrekturzeit des mageren Zustands an. Wenn der Zählerwert TC die Summe der vorherbestimmten Zahlen TR und TL überschreitet, rückt das Programm von dem Schritt S505 zu einem Schritt S507 vor. Andernfalls rückt das Programm von dem Schritt S505 zu einem Schritt S506 vor.

Der Schritt S507 löscht das Lernausführungsflag XOSTC auf Null. Nach dem Schritt S507 endet der gegenwärtige Ausführungszyklus des A/F-Verhältnis-Änderungssteuerprogramms, und das Programm kehrt zum Hauptprogramm zurück.

Der Schritt S506 setzt den Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf ein vorherbestimmtes A/F-Verhältnis  $\lambda_{LT}$  des mageren Zustands, welches einem Luft-Treibstoff-Gemisch entspricht, welches magerer als das stöchiometrische Luft-Treibstoff-Gemisch ist. Nach dem Schritt S506 rückt das Programm zu dem Schritt S504 vor.

Wenn, wie in Fig. 15 gezeigt ist, der gegenwärtige Wert VOX2 der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 zwischen dem erlaubbaren Grenzwert VRL des fetten Zustands und dem erlaubbaren Grenzwert VLL des mageren Zustands für die gegebene Wartezeit verbleibt, welche durch die vorherbestimmte Zahl TINL bestimmt ist, wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses von dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis " $\lambda = 1$ " auf das vorherbestimmte A/F-Verhältnis  $\lambda_{RT}$  des fetten Zustands verändert, um die Korrektur des fetten Zustands auszuführen. Dieses Verfahren wird durch die Schritte S401, S405 und S408 von Fig. 11 ermöglicht, und durch die Schritte S501 und S503 von Fig. 12. Als Ergebnis der Veränderung des Sollwerts  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf ein vorherbestimmtes A/F-Verhältnis  $\lambda_{RT}$  des fetten Zustands treten größere Beträge von CO und KW in dem Abgas auf und werden von dem katalytischen Konverter 13 absorbiert. Darüber hinaus steigt die Ausgangsspannung VOX2 des O<sub>2</sub>-Sensors 27 an und zeigt so die Zufuhr eines fetten Luft-Treibstoff-Gemisches zu dem Motor 1 an. Der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses wird auf einem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{RT}$  des fetten Zustands für die Korrekturzeit des fetten Zustands gehalten, welche durch die vorherbestimmte Zahl TR bestimmt ist. Dieses Verfahren wird durch die Schritte S502 und S503 von Fig. 12 ermöglicht. Wenn die durch die vorherbestimmte Zahl TR bestimmte Korrekturzeit des fetten Zustands beendet wird, wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses von dem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{RT}$  des fetten Zustands auf ein vorherbe-

stimmtes A/F-Verhältnis  $\lambda_{LT}$  des mageren Zustands verändert, um die Korrektur des mageren Zustands auszuführen. Dieses Verfahren wird durch die Schritte S502 und S506 von Fig. 12 ermöglicht. Die Korrektur des mageren Zustands wird entworfen, um die Korrektur des fetten Zustands zu kompensieren. Als Ergebnis der Veränderung des Sollwerts  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf das vorherbestimmte A/F-Verhältnis  $\lambda_{LT}$  des mageren Zustands tritt in dem Abgas ein größerer Betrag von  $O_2$  auf, und  $O_2$  reagiert mit in dem katalytischen Konverter 13 abgefangenen CO und KW. So wird CO und KW, welches während der oben erwähnten Korrektur des fetten Zustands auftritt, aus dem katalytischen Konverter 13 entfernt. Darüber hinaus fällt die Ausgangsspannung VOX2 des  $O_2$ -Sensors 27 und zeigt so die Zufuhr eines nicht fetten Luft-Treibstoff-Gemischs zu dem Motor 1 an. Der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses wird auf einem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{LT}$  des mageren Zustands für die Korrekturzeit des mageren Zustands gehalten, welche durch die vorherbestimmte Zahl TL bestimmt ist. Dies Verfahren wird durch die Schritte S505 und S506 von Fig. 12 ermöglicht. Wenn die Korrekturzeit des mageren Zustands, welche durch die vorherbestimmte Zahl TL bestimmt ist, beendet ist, kehrt der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses von dem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{LT}$  des mageren Zustands auf das stöchiometrische A/F-Verhältnis " $\lambda = 1$ " zurück. Dies Verfahren wird durch die Schritte S505 und S507 von Fig. 12 ermöglicht. Es wird bevorzugt, daß die Korrekturzeit des fetten Zustands und die Korrekturzeit des mageren Zustands einander gleich sind. Darüber hinaus wird bevorzugt, daß die Differenz zwischen dem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{LT}$  des mageren Zustands und dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis " $\lambda = 1$ " im Absolutwert gleich der Differenz zwischen dem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{RT}$  des fetten Zustands und dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis " $\lambda = 1$ " ist.

Das Programm zum Betreiben der Steuereinheit 31 enthält ein Sättigungsbeurteilungsprogramm. Das Sättigungsbeurteilungsprogramm wird während einer bestimmten Periode wiederholt ausgeführt, jedesmal wenn die von dem Fahrzeugkörper zurückgelegte Distanz um 2000 km anwächst. Das Sättigungsbeurteilungsprogramm folgt dem A/F-Verhältnis-Änderungssteuerprogramm von Fig. 12.

Fig. 13 zeigt ein Flußdiagramm des Sättigungsbeurteilungsprogramms. Wie in Fig. 13 gezeigt ist, bestimmt ein erster Schritt S601 des Sättigungsbeurteilungsprogramms, ob das Lernausführungsflag XOSTG gesetzt ist oder nicht. Wenn bestimmt wird, daß das Lernausführungsflag XOSTG gesetzt ist, schreitet das Programm von dem Schritt S601 zu einem Schritt S602. Andernfalls tritt das Programm von dem Schritt S601 aus, und der gegenwärtige Ausführungszyklus des Sättigungsbeurteilungsprogramms endet, bevor das Programm zum Hauptprogramm zurückkehrt.

Der Schritt S602 bestimmt, ob der gegenwärtige Wert VOX2 der Ausgangsspannung des  $O_2$ -Sensors 27 einen vorherbestimmten Sättigungsbeurteilungswert VSL überschreitet oder nicht. Der Sättigungsbeurteilungswert VSL ist größer als der erlaubbare Grenzwert VRL des fetten Zustands. Wenn der gegenwärtige Wert VOX2 der Ausgangsspannung des  $O_2$ -Sensors 27 den Sättigungsbeurteilungswert VSL überschreitet, rückt das Programm von dem Schritt S602 auf einen Schritt S603 vor. Andernfalls tritt das Programm von dem Schritt S602 aus, und der gegenwärtige Ausführungszyklus des Sättigungsbeurteilungsprogramms endet, bevor das Programm zu dem Hauptprogramm zurückkehrt.

Der Schritt S603 setzt ein Sättigungsbeurteilungsflag XOSTOV auf "1". Nach dem Schritt S603 endet der gegenwärtige Ausführungszyklus des Sättigungsbeurteilungsprogramms, und das Programm kehrt zu dem Hauptprogramm zurück.

Der Sättigungsbeurteilungswert VSL wird ausgewählt, um der Ausgangsspannung VOX2 des  $O_2$ -Sensors 27 zu entsprechen, welche unter gegebenen kritischen Bedingungen (gesättigten Bedingungen) auftritt, bei welchen der Betrag von CO und KW, welcher von dem katalytischen Konverter 13 absorbiert worden ist, einen Grenzbetrag erreicht, und so CO und KW beginnt, aus dem katalytischen Konverter 13 überzuströmen.

Das Programm zum Betreiben der Steuereinheit 31 enthält ein Berechnungsprogramm der Sättigung des absorbierten Betrags. Das Berechnungsprogramm der Sättigung des absorbierten Betrags wird während einer bestimmten Zeitperiode jedesmal wiederholt, wenn die von dem Fahrzeugkörper zurückgelegte Distanz um 2000 km ansteigt. Dem Berechnungsprogramm der Sättigung des absorbierten Betrags folgt das A/F-Verhältnis-Änderungssteuerprogramm von Fig. 12.

Fig. 14 zeigt ein Flußdiagramm des Berechnungsprogramms der Sättigung des absorbierten Betrags. Wie in Fig. 14 gezeigt wird, bestimmt ein erster Schritt S701 des Berechnungsprogramms der Sättigung des absorbierten Betrags, ob das Lernausführungsflag XOSTG durch den Schritt S507 des A/F-Verhältnis-Änderungssteuerprogramms von Fig. 12 auf Null gelöscht worden ist oder nicht. Wenn das Lernausführungsflag XOSTG auf Null gelöscht worden ist, rückt das Programm von dem Schritt S701 auf einen Schritt S702 vor. Andernfalls tritt das Programm aus dem Schritt S701 aus, und der gegenwärtige Ausführungszyklus des Berechnungsprogramms der Sättigung des absorbierten Betrags endet, bevor das Programm zu dem Hauptprogramm zurückkehrt.

Der Schritt S702 bestimmt, ob das Sättigungsbeurteilungsflag XOSTOV gesetzt ist oder nicht. Wenn bestimmt wird, daß das Sättigungsbeurteilungsflag XOSTOV gesetzt ist, rückt das Programm von dem Schritt S702 auf einen Schritt S704 vor. Andernfalls rückt das Programm von dem Schritt S702 auf einen Schritt S703 vor.

Der Schritt S703 erhöht die vorherbestimmte Zahl TR um eine vorherbestimmte Zahl Ta. Es sollte bemerkt werden, daß die vorherbestimmte Zahl TR die Korrekturzeit des fetten Zustands bestimmt. Darüber hinaus erhöht der Schritt S703 die vorherbestimmte Zahl TL um die vorherbestimmte Zahl Ta. Es sollte bemerkt werden, daß die vorherbestimmte Zahl TL die Korrekturzeit des mageren Zustands bestimmt. Nach dem Schritt S703 endet der gegenwärtige Ausführungszyklus des Berechnungsprogramms der Sättigung des absorbierten Betrags, und das Programm kehrt zum Hauptprogramm zurück.

Der Schritt S704 berechnet den minimalen absorbierten Betrag OSTmin, welcher dem gegenwärtigen Betrag von CO und KW entspricht, welcher von dem katalytischen Konverter 13 absorbiert worden ist. Insbesondere wird die Berechnung des minimal absorbierten Betrags OSTmin durch Bezugnahme auf die Gleichung " $OST_{min} = MRT \times QA \times TR$ " ausgeführt, wobei MRT eine Konzentration der spezifischen Komponente in dem



Abgas bezeichnet, welche gemäß der Beziehung von Fig. 10 bestimmt ist. Die Konzentration der spezifischen Komponente, welche bei dem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{RT}$  des fetten Zustands auftritt, wird als Konzentration MRT der spezifischen Komponente in der Gleichung zur Berechnung des minimalen absorbierten Betrags OSTmin verwendet. Da die Konzentration MRT der spezifischen Komponente negativ ist, ist der minimale absorbierte Betrag OSTmin ebenfalls negativ.

Ein Schritt S705, welcher dem Schritt S704 folgt, setzt den maximalen absorbierten Betrag OSTmax gleich dem Absolutwert des minimalen absorbierten Betrags OSTmin. Nach dem Schritt S705 endet der gegenwärtige Ausführungszyklus des Berechnungsprogramms der Sättigung des absorbierten Betrags, und das Programm kehrt zu dem Hauptprogramm zurück.

Der berechnete minimale absorbierte Betrag OSTmin wird von dem Schritt S309 des Sättigungssprungsteuerprogramms von Fig. 7 verwendet. Darüber hinaus wird der berechnete maximale absorbierte Betrag OSTmax von dem Schritt S318 des Sättigungssprungsteuerprogramms von Fig. 8 verwendet.

Wie vorher bezüglich Fig. 15 beschrieben worden ist, werden in dem Fall, bei welchem der gegenwärtige Wert VOX2 der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 zwischen dem erlaubbaren Grenzwert VRL des fetten Zustands und dem erlaubbaren Grenzwert VLL des mageren Zustands für die gegebene Wartezeit verbleibt, welche durch die vorherbestimmte Zahl TINL bestimmt ist, die Korrektur des fetten Zustands und die Korrektur des mageren Zustands aufeinanderfolgend während der Perioden ausgeführt, welche durch die vorherbestimmten Zahlen TR bzw. TL bestimmt sind. Als Ergebnis der Korrektur des fetten Zustands steigt die Ausgangsspannung VOX2 des O<sub>2</sub>-Sensors 27 und zeigt so die Zufuhr des fetten Luft-Treibstoff-Gemischs zu dem Motor 1 an. Wenn die Ausgangsspannung VOX2 des O<sub>2</sub>-Sensors 27 nicht den vorherbestimmten Sättigungsbeurteilungspegel VSL erreicht, werden die zweite Korrektur des fetten Zustands und die zweite Korrektur des mageren Zustands aufeinanderfolgend während ausgedehnter Perioden ausgeführt, wie nachher beschrieben wird.

Wenn, wie in Fig. 15 gezeigt, während einer Periode nach der ersten Korrekturzeit des mageren Zustands, welche durch die vorherbestimmte Zahl TL bestimmt wird, der gegenwärtige Wert VOX2 der Ausgangsspannung des O<sub>2</sub>-Sensors 27 zwischen dem erlaubbaren Grenzwert VRL des fetten Zustands und dem erlaubbaren Grenzwert VLL des mageren Zustands für das Lernintervall T verbleibt, wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses von dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis " $\lambda = 1$ " auf das vorherbestimmte A/F-Verhältnis  $\lambda_{RT}$  des fetten Zustands verändert, um die zweite Korrektur des fetten Zustands auszuführen. Dieses Verfahren wird durch die Schritte S401 und S407 von Fig. 11 und die Schritte S501 und S503 von Fig. 12 ermöglicht. Als Ergebnis der Veränderung des Sollwerts  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf das vorherbestimmte A/F-Verhältnis  $\lambda_{RT}$  des fetten Zustands treten größere Beträge von CO und KW in dem Abgas auf und werden von dem katalytischen Konverter 13 absorbiert. Darüber hinaus steigt die Ausgangsspannung VOX des O<sub>2</sub>-Sensors 27 und zeigt so die Zufuhr von einem fetten Luft-Treibstoff-Gemisch zu dem Motor 1 an. Der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses wird auf einem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{RT}$  des fetten Zustands für die ausgedehnte Korrekturzeit des reichen Zustands gehalten, welche durch die Summe der ursprünglichen vorherbestimmten Zahl TR und der vorherbestimmten Zahl TA bestimmt ist. Dies Verfahren wird durch die Schritte S502 und S503 von Fig. 12 ermöglicht. Es sollte bemerkt werden, daß die Summe der ursprünglich vorherbestimmten Zahl TR und der vorherbestimmten Zahl TA durch den Schritt S703 von Fig. 14 gegeben ist. Wenn die ausgedehnte Korrekturzeit des fetten Zustands, welche durch die Summe der ursprünglich vorherbestimmten Zahl TR und der vorherbestimmten Zahl TA bestimmt wird, beendet wird, wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses von dem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{RT}$  des fetten Zustands auf das vorherbestimmte A/F-Verhältnis  $\lambda_{LT}$  des mageren Zustands verändert, um die zweite Korrektur des mageren Zustands auszuführen. Dieses Verfahren wird durch die Schritte S502 und S506 von Fig. 12 ermöglicht. Die zweite Korrektur des mageren Zustands ist entworfen, um die zweite Korrektur des fetten Zustands zu kompensieren. Als Ergebnis der Veränderung des Sollwerts  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf das vorherbestimmte A/F-Verhältnis  $\lambda_{LT}$  des mageren Zustands tritt ein größerer Betrag von O<sub>2</sub> in dem Abgas auf, und O<sub>2</sub> reagiert mit dem in dem katalytischen Konverter 13 abgefangenen CO und KW. So werden CO und KW, welche während der oben erwähnten Korrektur des fetten Zustands auftreten, von dem katalytischen Konverter 13 entfernt. Darüber hinaus fällt die Ausgangsspannung VOX2 des O<sub>2</sub>-Sensors 27 und zeigt so die Zufuhr eines nicht fetten Luft-Treibstoff-Gemisches zu dem Motor 1 an. Der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses wird auf einem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{LT}$  des mageren Zustands für die ausgedehnte Korrekturzeit des mageren Zustands gehalten, welche durch die Summe der ursprünglich vorherbestimmten Zahl TL und die vorherbestimmte Zahl TA bestimmt wird. Dieses Verfahren wird durch die Schritte S505 und S506 von Fig. 12 ermöglicht. Es sollte bemerkt werden, daß die Summe der ursprünglich vorherbestimmten Zahl TL und der vorherbestimmten Zahl TA durch den Schritt S703 von Fig. 14 gegeben wird. Wenn die ausgedehnte Korrekturzeit des mageren Zustands, welche durch die vorherbestimmte Zahl TL bestimmt wird, beendet ist, kehrt der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses von dem vorherbestimmten A/F-Verhältnis  $\lambda_{LT}$  des mageren Zustands zu dem stöchiometrischen A/F-Verhältnis " $\lambda = 1$ " zurück. Dieses Verfahren wird durch die Schritte S505 und S507 von Fig. 12 ermöglicht. Es wird bevorzugt, daß die ausgedehnte Korrekturzeit des fetten Zustands und die ausgedehnte Korrekturzeit des mageren Zustands einander gleich sind.

Als Ergebnis der zweiten Korrektur des fetten Zustands steigt die Ausgangsspannung VOX2 des O<sub>2</sub>-Sensors 27 an und zeigt so die Zufuhr eines fetten Luft-Treibstoff-Gemisches zu dem Motor 1 an. Wenn die Ausgangsspannung VOX2 des O<sub>2</sub>-Sensors 27 nicht den vorherbestimmten Sättigungsbeurteilungspegel VSL erreicht, werden während weiterer ausgedehnter Perioden eine dritte Korrektur des fetten Zustands und eine dritte Korrektur des mageren Zustands aufeinanderfolgend ausgeführt. Bis die Ausgangsspannung VOX2 des O<sub>2</sub>-Sensors 27 den vorherbestimmten Sättigungsbeurteilungspegel VSL erreicht, werden während weiterer ausgedehnter Perioden später Korrekturen des fetten Zustands und des mageren Zustands wiederholt ausgeführt. Wenn die Ausgangsspannung VOX2 des O<sub>2</sub>-Sensors 27 den vorherbestimmten Sättigungsbeurteilungspegel VSL

überschreitet, d. h. wenn der katalytische Konverter 13 in einem fetten Zustand gesättigt ist, rückt das Programm von dem Schritt S602 zu dem Schritt S603 in dem Sättigungsbeurteilungsprogramm von Fig. 13 vor, so daß das Sättigungsbeurteilungsflag XOSTOV durch den Schritt S603 auf "1" gesetzt wird. Als Ergebnis der Veränderung des Sättigungsbeurteilungsflags XOSTOV auf "1" rückt das Programm von dem Schritt S702 auf den Schritt S704 vor. Der Schritt S704 berechnet den minimalen absorbierten Betrag OSTmin, welcher dem gegenwärtigen Betrag von CO und KW entspricht, welcher von dem katalytischen Konverter 13 absorbiert worden ist. Danach setzt der Schritt S705 den maximalen absorbierten Betrag OSTmax gleich dem Absolutwert des minimalen absorbierten Betrags OSTmin. Der berechnete minimale absorbierte Betrag OSTmin wird durch den Schritt S309 des Sättigungssprungsteuerprogramms von Fig. 7 verwendet. Darüber hinaus wird der berechnete maximale absorbierte Betrag OSTmax von dem Schritt S318 des Sättigungssprungsteuerprogramms von Fig. 8 verwendet.

Wie oben beschrieben, werden durch das Lernverfahren der minimale absorbierte Betrag OSTmin und der maximale absorbierte Betrag OSTmax berechnet. Der minimale absorbierte Betrag OSTmin und der maximale absorbierte Betrag OSTmax sind numerische oder quantitative Informationen, welche die Sättigungsbedingungen des katalytischen Konverters 13 repräsentieren. Der minimale absorbierte Betrag OSTmin und der maximale absorbierte Betrag OSTmax werden bei der Bestimmung der Korrekturperiodenwerte TFL und TFR verwendet. Da der minimale absorbierte Betrag OSTmin und der maximale absorbierte Betrag OSTmax numerische oder quantitative Informationen darstellen, können die Korrekturperiodenwerte TFL und TFR geeignet und zuverlässig sein.

Wie oben beschrieben, werden der minimale absorbierte Betrag OSTmin und der maximal absorbierte Betrag OSTmax unter Bedingungen berechnet, bei welchen der katalytische Konverter 13 tatsächlich durch Setzen des Sollwerts  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf den vorherbestimmten Wert des fetten Zustands gesättigt ist. So zeigen der minimale absorbierte Betrag OSTmin und der maximale absorbierte Betrag OSTmax genau die Bedingungen der Verschlechterung des katalytischen Konverters 13 an.

Die Ausführungsform dieser Erfindung kann wie folgt modifiziert werden. In einer ersten Modifikation wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses periodisch verändert, um schwankende Steuerung auszuführen. In einer zweiten Modifizierung wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf einen Wert des mageren Zustands verändert, und ein maximaler absorbiertes Wert OSTmax wird berechnet, und danach wird ein minimaler absorbiertes Betrag OSTmin durch den Absolutwert des maximalen absorbierten Betrags OSTmax bestimmt. In einer dritten Modifizierung wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf einen Wert des fetten Zustands verändert, und ein minimaler absorbiertes Betrag OSTmin wird berechnet, und danach wird der Sollwert  $\lambda_{TG}$  des A/F-Verhältnisses auf einen Wert des mageren Zustands verändert, und ein maximaler absorbiertes Wert OSTmax wird berechnet. Eine vierte Modifizierung führt eine offene Schleifensteuerung des A/F-Verhältnisses anstelle der geschlossenen Schleifen-(Rückkopplungs-)Steuerung davon unter vorherbestimmten Betriebsbedingungen des Motors 1 aus. In der vierten Modifizierung werden während der Ausführung der offenen Schleifensteuerung die Korrektur des fetten Zustands und die Korrektur des mageren Zustands durch Verändern der Treibstoffeinspritzrate durchgeführt, um die minimalen und maximalen absorbierten Beträge OSTmin und OSTmax zu erlangen. In einer fünften Modifizierung verbleibt die Korrekturzeit des fetten Zustands fest, und das A/F-Verhältnis  $\lambda_{RT}$  des fetten Zustands wird schrittweise erhöht, wenn die Korrektur des fetten Zustands wiederholt wird, um die minimalen und maximalen absorbierten Beträge OSTmin und OSTmax zu erlangen. In einer sechsten Modifizierung werden die Korrekturzeit des fetten Zustands und das A/F-Verhältnis  $\lambda_{RT}$  des fetten Zustands periodisch erhöht, wenn die Korrektur des fetten Zustands wiederholt wird, um die minimalen und maximalen absorbierten Beträge OSTmin und OSTmax zu erlangen. In einer siebten Ausführungsform wird unter Bedingungen, bei welchen die Motorgeschwindigkeit Ne und der Einlaßluftdruck PM im wesentlichen konstant sind, das Produkt der vorherbestimmten Zahl TR (Korrekturzeit des fetten Zustands) und der Konzentration ML der spezifischen Komponente als der minimale absorbierte Betrag OSTmin betrachtet. Da in einer achten Modifizierung die Konzentration ML der spezifischen Komponente durch das A/F-Verhältnis  $\lambda$  bestimmt wird, wie in Fig. 10 gezeigt ist, wird das Produkt der vorherbestimmten Zahl TR (Korrekturzeit des fetten Zustands) und des A/F-Verhältnisses  $\lambda$  als der minimale absorbierte Betrag OSTmin betrachtet.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erfassen eines Betrages der Sättigung eines Gases, welches von einem katalytischen Konverter absorbiert wird, welcher in einem Abgassystem eines Motors angeordnet ist, mit:
  - einer Einrichtung zum Erfassen des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses, welche in einem Gebiet des Motorabgassystems stromabwärts des katalytischen Konverters zur Überwachung des Abgases angeordnet ist, welches den katalytischen Konverter passiert hat, um ein Luft-zu-Treibstoff-Verhältnis eines Luft-Treibstoff-Gemischs zu erfassen, welches das Abgas verursacht;
  - einer Einrichtung zum Verändern des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses zum Verändern eines Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses eines Luft-Treibstoff-Gemischs, welches dem Motor durch eine Korrekturgröße in einer gegebenen Richtung zugeführt wird, und zum Beibehalten der Veränderung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses während einer Korrekturzeit;
  - einer Veränderungserhöhungseinrichtung zum Erhöhen der Korrekturgröße und/oder der Korrekturzeit durch die Veränderungseinrichtung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses, um ein Veränderungsprozeß des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses wiederum in Fällen auszuführen, bei welchen das Luft-zu-Treibstoff-Verhältnis, welches von der Einrichtung zum Erfassen des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses erfaßt wird, sich sogar dann nicht verändert, wenn die Einrichtung zum Verändern des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses das Verändern des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses ausführt; und



einer Berechnungseinrichtung des Betrages der Sättigung des Gases zum Berechnen eines Betrages der Sättigung des Gases, welches von dem katalytischen Konverter auf der Basis der Korrekturgröße und der Korrekturzeit in Fällen absorbiert wird, bei welchen das Luft-zu-Treibstoff-Verhältnis, welches von der Einrichtung zum Erfassen des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses erfaßt wird, sich ändert, wenn die Einrichtung zum Verändern des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses die Veränderung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses ausführt. 5

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum Verändern des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses operativ ist, das Luft-zu-Treibstoff-Verhältnis in einer zu der gegebenen Richtung entgegengesetzten Richtung nach dem Verändern des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses zu verändern.

3. Vorrichtung zum Erfassen eines Betrages der Sättigung eines Gases, welches von einem katalytischen Konverter absorbiert wird, welcher in einem Abgassystem eines Motors angeordnet ist, mit: 10

einer Einrichtung zum Zuführen eines Luft-Treibstoff-Gemischs zu dem Motor;

einer Einrichtung zum Verändern eines Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses des Luft-Treibstoff-Gemischs von einem stöchiometrischen Luft-zu-Treibstoff-Verhältnis, um den katalytischen Konverter zu sättigen;

einer Einrichtung zum Erfassen, ob der katalytische Konverter durch die Veränderung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses durch die Veränderungseinrichtung gesättigt ist oder nicht; und 15

einer Einrichtung zur Bestimmung eines Betrages der Sättigung eines Gases, welches von dem katalytischen Konverter in Übereinstimmung mit Bedingungen des Veränderns des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses durch die Einrichtung zum Verändern absorbiert worden ist, wenn die Einrichtung zum Erfassen erfaßt, daß der katalytische Konverter gesättigt ist. 20

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Bedingungen einen Grad und eine Dauer der Veränderung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses durch die Einrichtung zum Verändern umfassen.

5. Verfahren zum Erfassen eines Betrages der Sättigung eines Gases, welches von einem katalytischen Konverter absorbiert wird, welcher in einem Abgassystem eines Motors angeordnet ist, mit den Schritten: 25

Zuführen eines Luft-Treibstoff-Gemischs zu dem Motor;

Verändern eines Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses des Luft-Treibstoff-Gemischs von einem stöchiometrischen Luft-zu-Treibstoff-Verhältnis, um den katalytischen Konverter zu sättigen;

Erfassen, ob der katalytische Konverter von der Veränderung des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses gesättigt ist oder nicht; und

wenn der katalytische Konverter als gesättigt erfaßt wird, Bestimmen eines Betrages der Sättigung eines Gases, welches von dem katalytischen Konverter in Übereinstimmung mit Bedingungen des Veränderns des Luft-zu-Treibstoff-Verhältnisses absorbiert wird. 30

Hierzu 15 Seite(n) Zeichnungen



FIG. 2

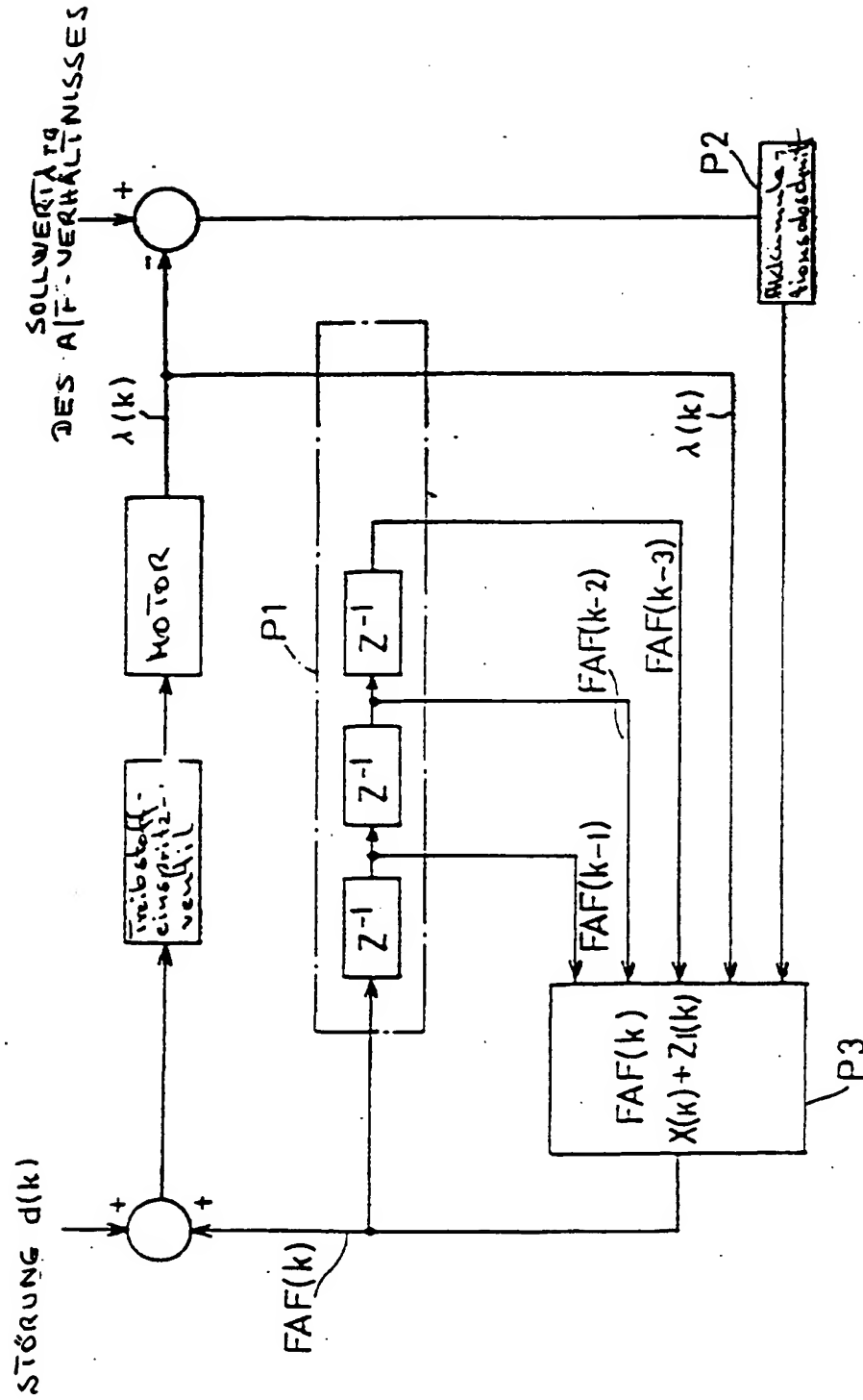


FIG. 3

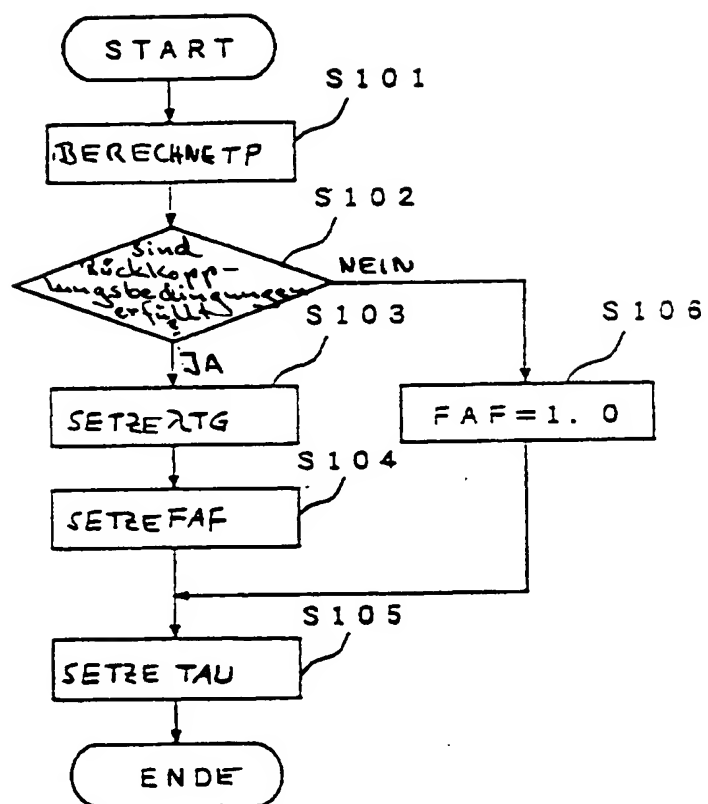


FIG. 4

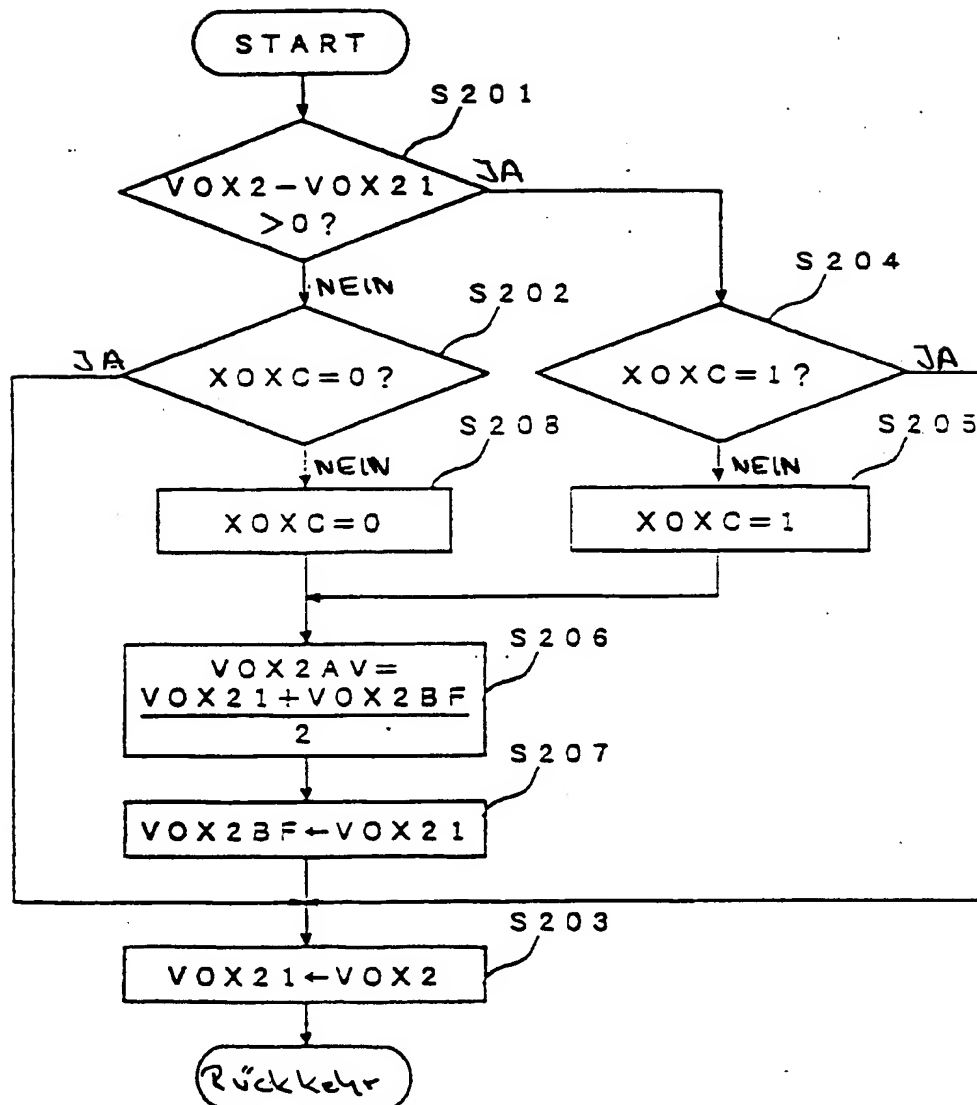


FIG. 5

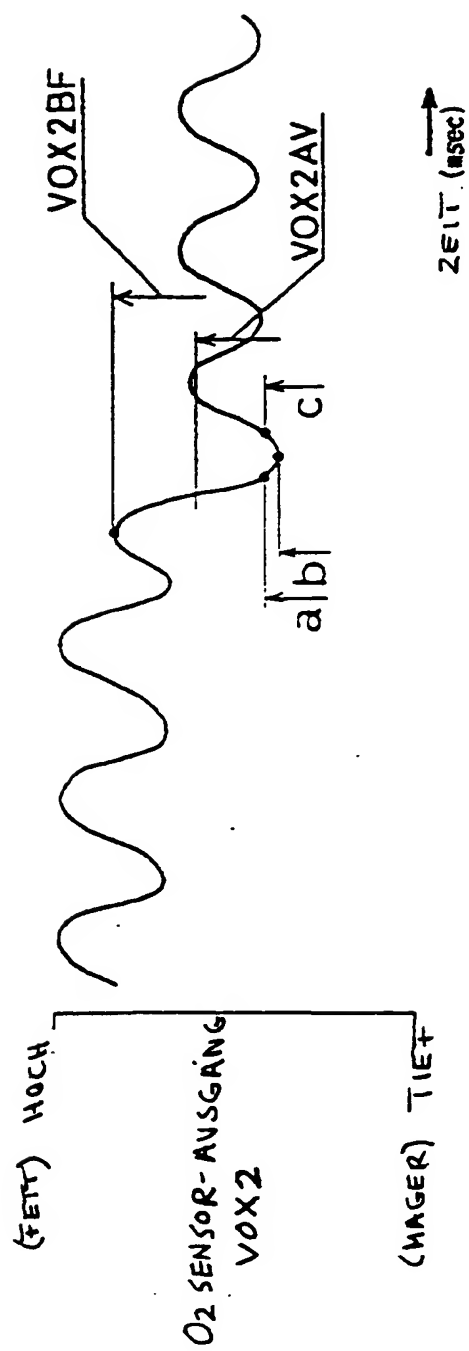


FIG. 6

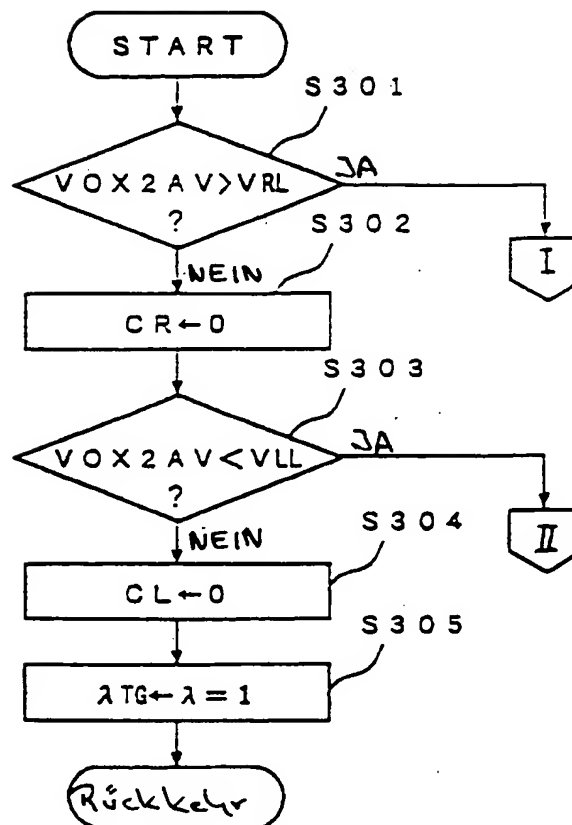


FIG. 7

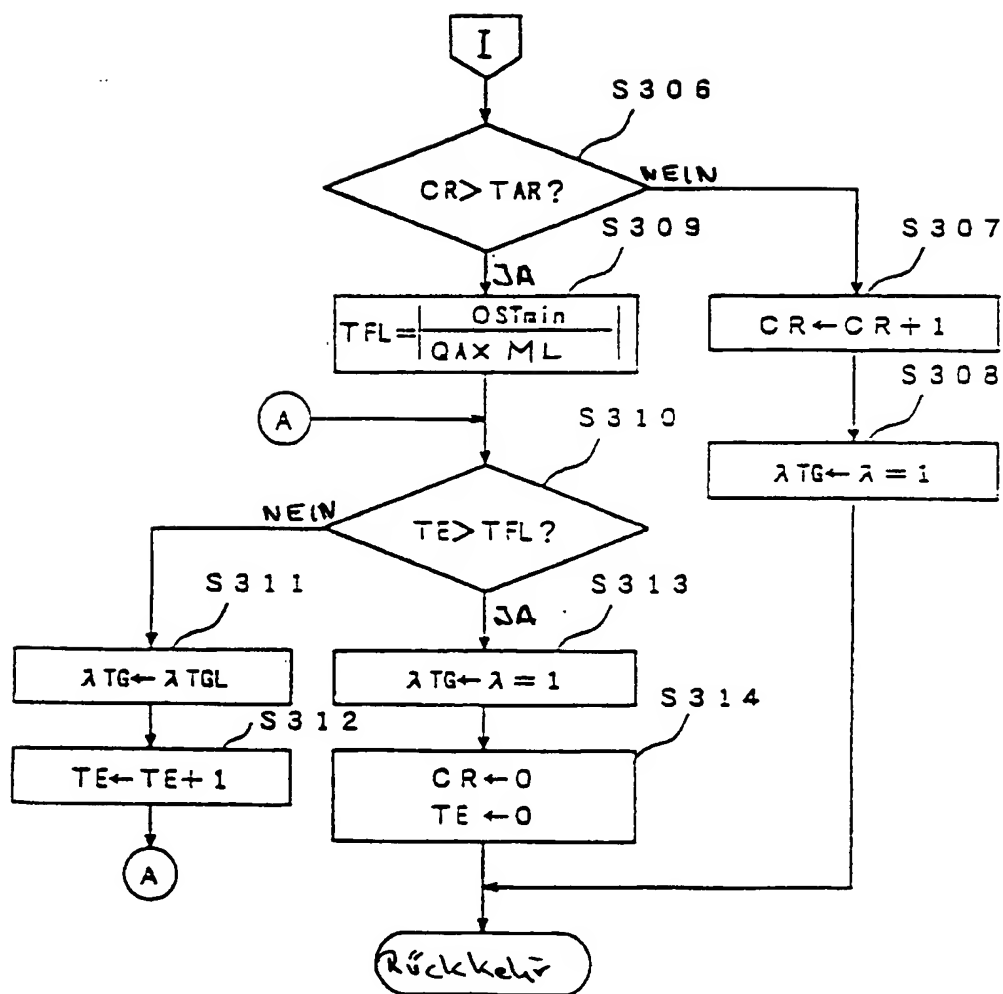




FIG. 8

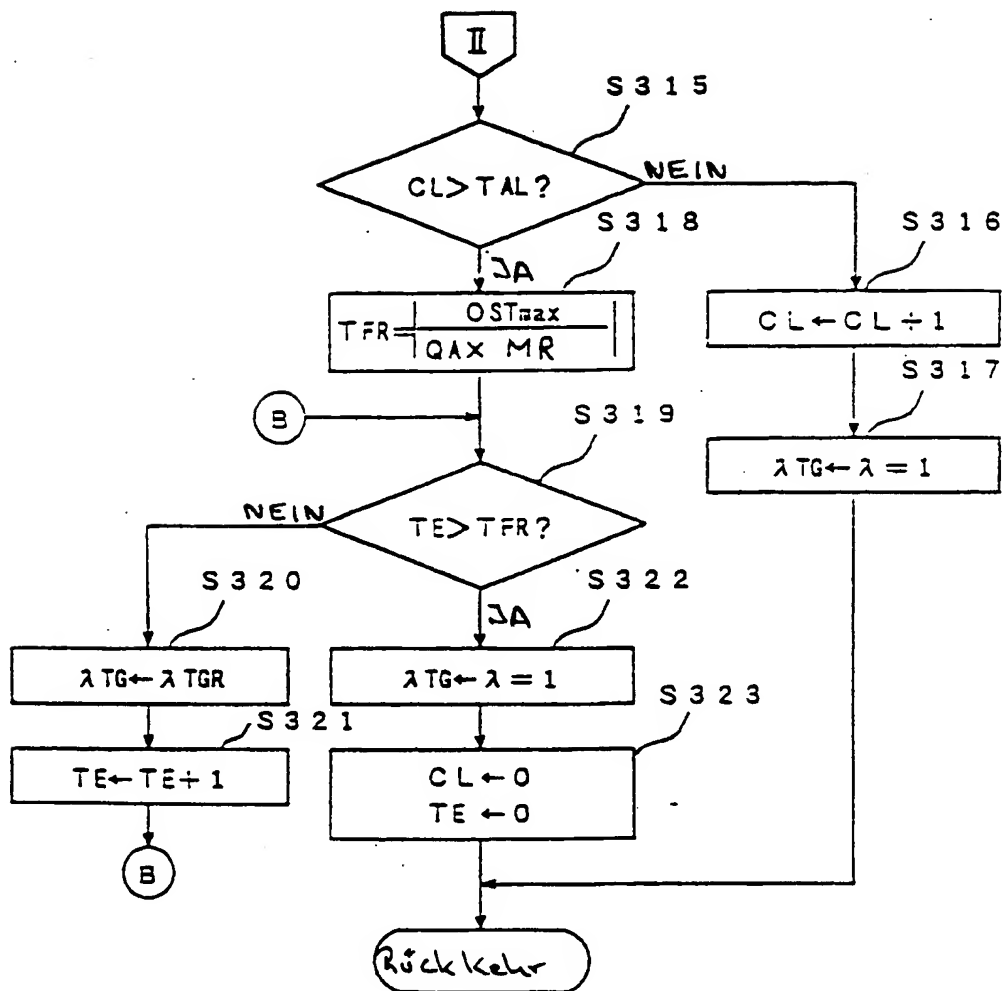


FIG. 9

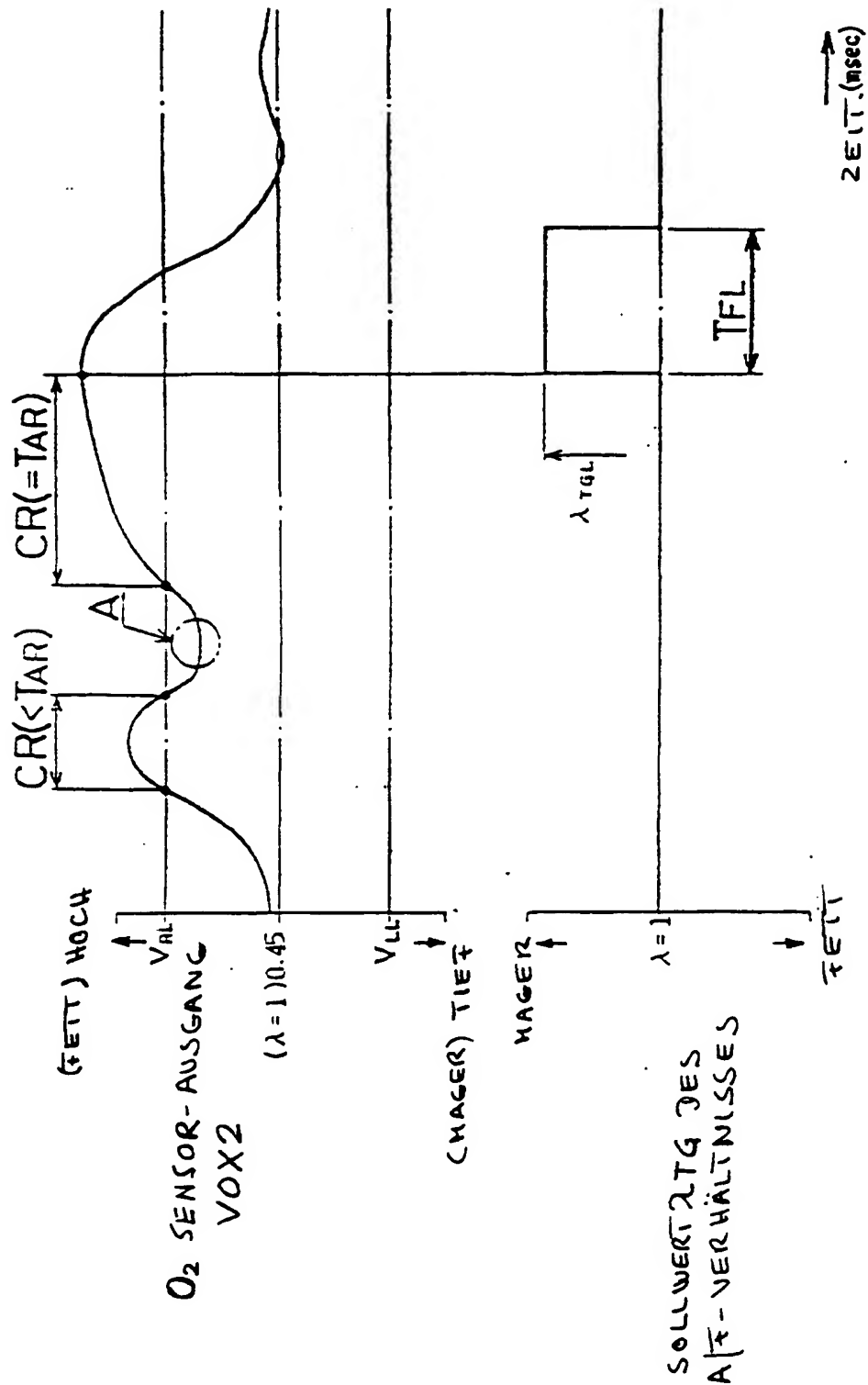


FIG. 10

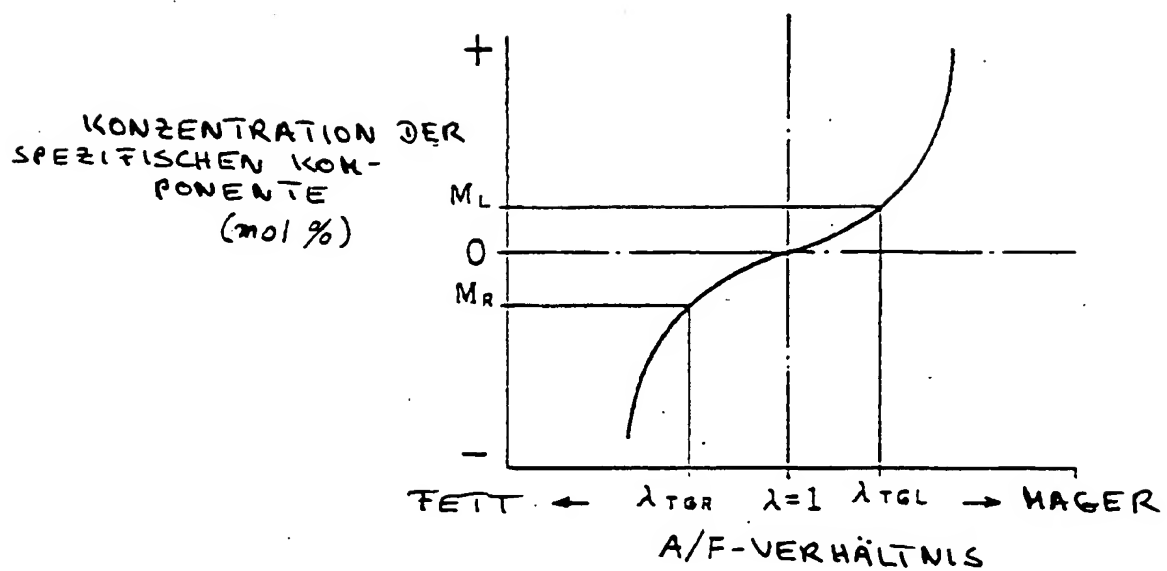


FIG. 11

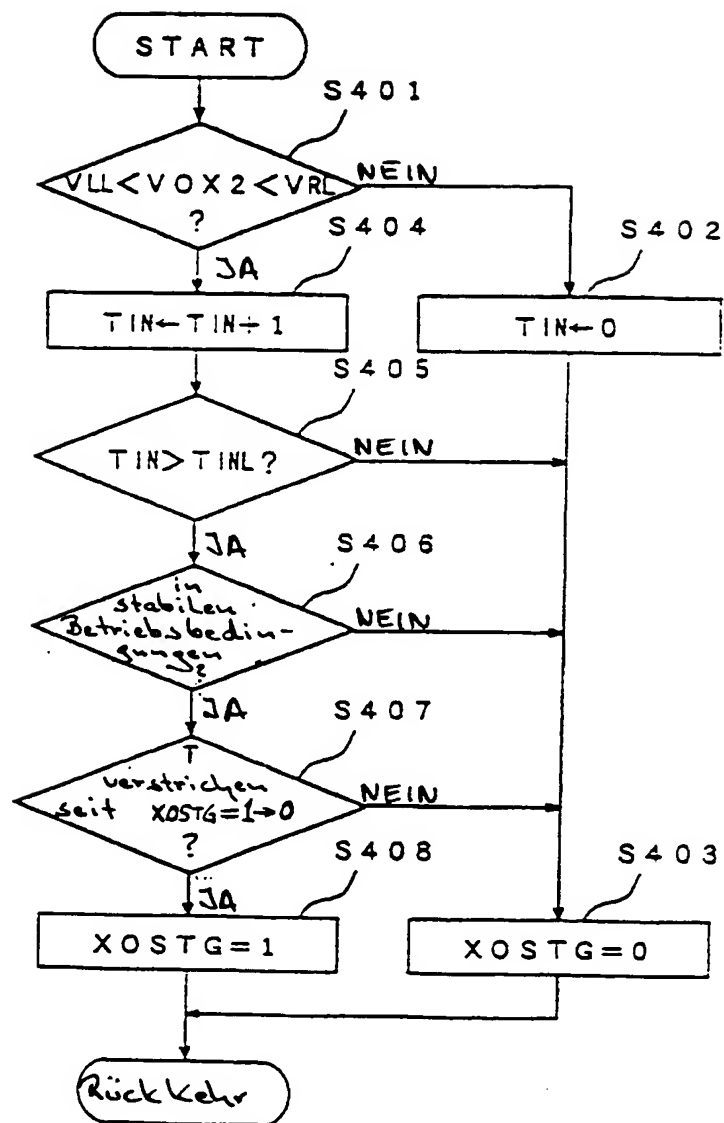


FIG. 12

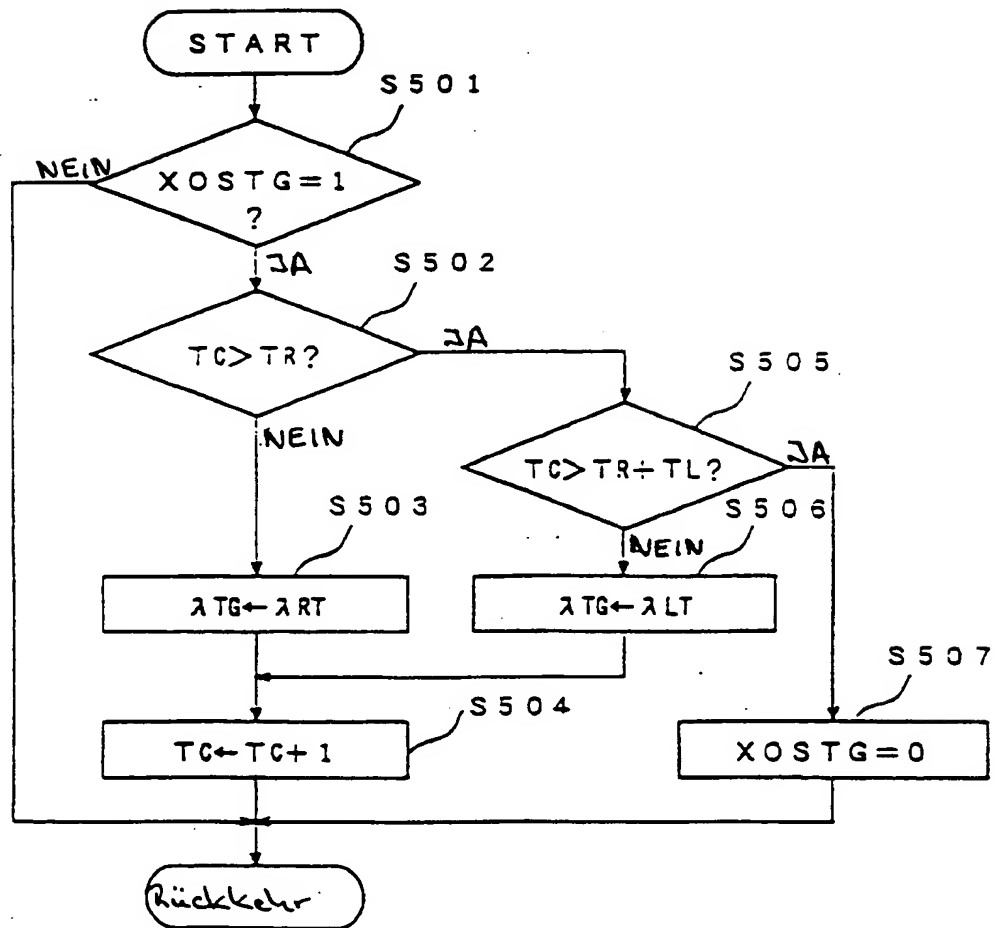


FIG. 13

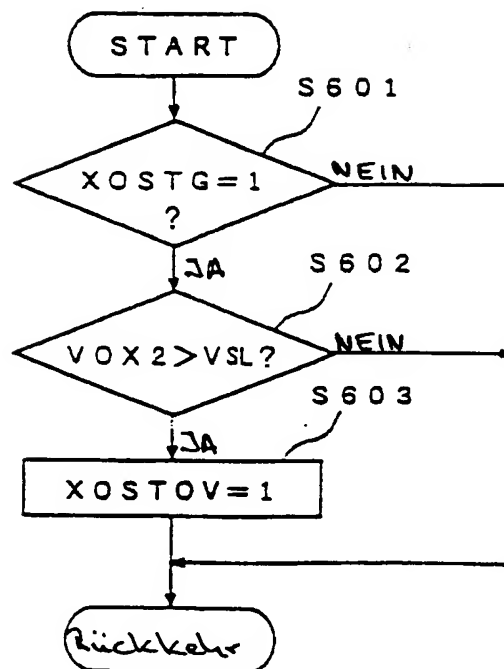


FIG. 14

